

Kenneth V Thimann
November 1957

RECHERCHES
CHIMIQUES
SUR LA VÉGÉTATION;

PAR THÉOD. DE SAUSSURE.

In nova fert animus mutatas dicere formas
Corpora. Di ! cœptis (nam vos mutastis et illas)
Aspirate meis.

OVID. *lib.* 1, *Met.*

A PARIS,
Chez la V.e NYON, Libraire, rue du Jardinet, n° 2.
AN XII. = 1804.

AVERTISSEMENT.

Les recherches dont je m'occupe dans cet Ouvrage, ont pour objet l'influence de l'eau, de l'air et du terreau, sur la végétation. Je ne prétends point cependant pénétrer dans toutes les parties de cet immense sujet. J'aborde les questions qui peuvent être décidées par l'expérience, et j'abandonne celles qui ne peuvent donner lieu qu'à des conjectures. Les faits, en histoire naturelle, conduisent seuls à la vérité. En suivant cette route, l'on est forcé de reconnaître que la découverte des moyens employés par la nature pour le développement des végétaux et pour la composition de leurs principes,

doit être longtemps encore au-dessus de notre portée. La solution de ces questions exige souvent des données que nous n'avons point ; elle requiert des procédés exacts pour l'analyse des plantes, et une connaissance parfaite de leur organisation.

Les fonctions de l'eau et des gaz dans la nutrition des végétaux, les changements qu'ils font subir à leur atmosphère, sont les sujets que j'ai le plus approfondis. Les observations de Priestley, de Senebier, d'Ingenhoutz, ont ouvert la carrière que j'ai parcourue; mais elles n'ont point atteint le but que je me suis proposé. Si l'imagination a quelquefois rempli les vides qu'elles ont laissés, c'est par des conjectures dont l'obscurité et l'opposition ont toujours montré l'incertitude. J'ai employé pour mes épreuves eudiométriques, soit l'hydrosulfure de potasse, soit le

phosphore (*). Ces procédés m'ont permis de mettre dans mes analyses une précision à laquelle l'eudiomètre à gaz nitreux employé par les auteurs qui m'ont précédé, ne pouvait point parvenir.

(*) Lorsque j'ai donné, dans cet Ouvrage, les indications de l'eudiomètre à phosphore, elles ont toujours été dégagées de l'erreur que le gaz azote peut y introduire par la dilatation qu'il subit en dissolvant du phosphore. M. Berthollet a déterminé avec exactitude la correction que cette dilatation exigeait. Il y a cependant un cas où cette correction doit être négligée : c'est celui où l'on observe la condensation du gaz oxygène au moment précis où elle est parvenue à son maximum, ou lorsque le phosphore cesse d'exhaler des vapeurs blanches. Le gaz azote ne commence à se dilater dans cette opération, que lorsqu'il ne contient plus de gaz oxygène. Dans les premiers instants de la disparition de ce dernier gaz, la dilatation du gaz azote est insensible; elle ne parvient ordinairement à son plus haut terme, que vingt-quatre heures après l'absorption totale du gaz oxygène.

J'ai employé pour ces épreuves la combustion rapide, et le tube recourbé indiqué par Giobert (*Analyse des eaux de Vaudier.*) J'incline l'eudiomètre lorsque le phosphore est en fusion, de manière à le faire couler et à l'étendre sur toute la longueur du tube. L'analyse de l'air est achevée par ce procédé en moins d'une demi-heure, et elle n'a besoin à cette époque d'aucune correction.

Mes recherches me conduisent à montrer comment l'eau et l'air contribuent plus à la formation de la substance sèche des plantes qui croissent sur un sol fertile, que la matière même du terreau qu'elles absorbent en dissolution dans l'eau par leurs racines.

Je m'occupe encore d'un sujet qui n'a donné lieu qu'à des hypothèses : c'est celui qui a pour objet l'origine des cendres. Je recherche, par des expériences nombreuses, les principes suivant lesquels ces cendres varient, soit dans leur quantité, soit dans leur composition, suivant la saison, la nature des végétaux et leurs différentes parties. Ce travail m'a valu plusieurs observations nouvelles, qui prouvent que toutes les questions que je viens d'énoncer peuvent être résolues, sans attribuer à la végétation des forces créatrices et des

transmutations en opposition avec les observations connues.

Dans les expériences sur la végétation, tant de causes diverses et imprévues tendent à influer sur les résultats, que l'on ne doit jamais se dispenser d'exposer toutes les circonstances qui les accompagnent. Les détails dans lesquels j'entrerai à ce sujet, serviront à déterminer le degré de confiance que l'on peut donner à mes recherches; ils préviendront les contradictions qui naissent de la différence des procédés; ils expliqueront les erreurs auxquelles je ne puis me flatter d'avoir échappé dans une suite d'expériences longues, difficiles, et qui ne sont peut-être applicables dans leurs résultats, qu'aux espèces de plantes soumises à mon examen. La route que je me suis prescrite est sans doute aride et fatigante; mais si l'on considère

que le perfectionnement de l'agriculture est le but vers lequel elle est dirigée, on supportera ses difficultés et l'on excusera ses défauts.

RECHERCHES CHIMIQUES SUR LA VÉGÉTATION.

CHAPITRE PREMIER.

Influence du Gaz oxygène sur la germination.

§. I.er

De la Germination.

Le gaz oxygène et l'eau sont deux agents simultanément employés par la nature, pour exciter dans les graines le développement connu sous le nom de *germination*. L'eau seule, en pénétrant dans leur tissu cellulaire, et en le remplissant, augmente leur volume, mais elle ne les fait point germer. La radicule est, pour un grand nombre de graines, un

indice de germination, mais elle ne l'est pas pour toutes. Quelques-unes mettent au jour cet organe par un gonflement dû à l'imbibition de l'eau, et non point à un acte de leur végétation. On n'en pourra douter, lorsqu'on saura que certaines graines mortes, ou qui ont perdu, par leur vétusté, la faculté de germer, ne laissent pas de pousser leurs radicules comme si elles eussent été susceptibles d'un nouveau développement.

Le café, par exemple (1), qui ne peut lever que lorsqu'il a été semé cinq ou six semaines après avoir été recueilli, produit le phénomène en question au bout d'un nombre d'années illimité : il le produit, non-seulement dans l'eau froide, sans le contact de l'air, mais dans des liquides certainement incapables d'exciter ou de soutenir la végétation, tels que l'eau bouillante, le vinaigre, et plusieurs dissolutions salines saturées. Cet accroissement très-petit, et dont on peut prévoir le terme avant le gonflement qui le produit, ne change

---

(1) Valmont de Bomare, *Dictionnaire d'Histoire naturelle (article Café)*, a fait connaître ce phénomène; mais on l'a attribué sans raison à une véritable germination. Les lentilles qui ont perdu leur qualité germinative, ont, d'une manière moins frappante, la même propriété.

ni le goût, ni l'odeur, ni aucune des propriétés de la semence; l'imbibition de l'eau, sans le contact de l'air, n'a d'autre effet que de disposer la graine à une prompte putréfaction.

Plusieurs graines, telles que les pois, les lentilles, les semences aquatiques, peuvent germer sous l'eau; mais c'est dans une eau qui n'est point pure, ou qui contient du gaz oxygène étranger à sa composition. J'ai fait passer sous un récipient plein de mercure, de l'eau bouillante, et, après le refroidissement de cette dernière, des pois, des lentilles, des graines de l'alisma-plantago et du polygonum amphibium; elles n'ont donné aucun signe de germination, lorsque la quantité d'eau bouillie n'a excédé que sept à huit fois le poids des graines; mais lorsque cette quantité a été cent ou deux cents fois plus grande, elles ont germé, et le prolongement de leur radicule a été en raison de la quantité d'eau qui les environnait. Il est peut-être superflu d'expliquer la cause de ces différences, ou de rappeler que l'ébullition ne prive pas l'eau de tout le gaz oxygène qui y est contenu en état de dissémination ou de dissolution, et qu'en augmentant la quantité du fluide, j'ai ajouté assez d'air pour exciter dans la graine un très-faible développement. On a dit que les pois gonflés sous l'eau,

germaient ensuite lorsqu'ils étaient submergés dans de l'huile. J'ai répété plusieurs fois cette expérience; mais je n'ai point pu en obtenir l'effet annoncé.

M. Humboldt a trouvé que les graines germaient dans l'acide muriatique oxygené très-étendu d'eau. Cette expérience répétée dans l'obscurité avec de l'acide muriatique oxygené solide dissous dans de l'eau bouillie, et sans le contact de l'air extérieur, m'a donné les mêmes résultats. Elle prouve qu'il n'est pas essentiellement nécessaire que le gaz oxygène soit libre ou dégagé de toute combinaison, pour exciter la germination; mais cet acide est jusqu'à présent, au moins d'après mes expériences, la seule substance qui puisse produire cet effet. L'acide nitrique étendu, auquel on avait attribué la même influence, ne l'exerce point sans le contact de l'air extérieur. J'ai éprouvé de même sans succès l'acide sulfurique et plusieurs autres acides pris dans la classe de ceux où l'oxygène parait avoir le moins d'adhérence : je n'ai pas été plus heureux en soumettant aux mêmes épreuves, et sans le contact de l'air extérieur, un mélange d'eau bouillie et de différents oxydes métalliques, tels que l'oxyde noir de manganèse, l'oxyde rouge de mercure et l'oxyde rouge de plomb.

J'ai fait ces expériences dans des flacons de verre que je remplissais avec le liquide échauffé à la chaleur de l'ébullition ; lorsqu'il était refroidi à la température de 30 degrés du thermomètre de Réaumur, j'y introduisais les graines. Les flacons étaient ensuite exactement fermés et plongés sous du mercure. La quantité d'eau employée dans chaque expérience n'excédait que sept ou huit fois le poids des semences. Les graines qui ont été éprouvées, sont des lentilles, des haricots, des féves, des pois, l'alisma-plantago et le polygonum amphibium.

Une graine de féve, de pois, de haricot, gonflée par l'eau sans le contact du gaz oxygène, présente, lorsqu'elle est dépouillée de ses enveloppes, une admirable organisation. Le microscope fait découvrir dans la lame la plus mince qu'on puisse détacher sur la surface des cotyledons, un tissu régulier, formé de cellules anguleuses. Ce tissu est tacheté sur le dos de la graine et sur les bords des cotyledons, par ces bouches ou ces pores glanduleux qui font un si bel effet sur la surface des feuilles développées (2) ; on les trouve

(2) Cette observation, que je ne fais que confirmer, appartient à M. Sprengel (Anleitung zur Kenntniss der

très-abondammeut dans les graines de pois, sur les surfaces des lobes, appliquées l'une contre l'autre.

Lorsque les graines commencent à germer par le contact du gaz oxygène, le prolongement de leur radicule au-delà du terme qu'elle pourrait atteindre par un gonflement purement aqueux, est le seul indice de leur végétation; mais d'ailleurs aucun saut, aucune différence essentielle ne se fait apercevoir entre l'organisation d'une graine tuméfiée par l'eau pure, et l'organisation d'une graine qui vient de germer. C'est seulement par une végétation plus prolongée, que les changements qu'éprouve la semence parviennent à nous être sensibles: elle ne se putréfie point, comme si elle eût été privée du contact du gaz oxygène; mais sa saveur change; elle devient âcre ou sucrée, suivant la nature du végétal; les cotyledons verdissent par leur exposition à la lumière; et au moyen des conduits ramifiés que des injections colorées peuvent nous y démontrer, ils se vident dans la plante qui se développe.

---

gewachse, B. 1. p. 396.) Elle montre, avec d'antres analogues, que ces ouvertures ne se forment pas par le contact de l'air.

§. II.

Emploi du gaz oxygène dans la germination.

Nos moyens sont trop bornés pour découvrir les causes du développement des végétaux, pour voir le dernier terme de leur merveilleuse organisation, et pour expliquer comment la végétation, les met à l'abri de la putréfaction ou de la destruction, à laquelle ils sembleraient être appelés par les affinités respectives de leurs éléments. Nous avons vu que le gaz oxygène était nécessaire pour que la germination eût lieu; nous nous bornerons à rechercher s'il modifie la graine, en se combinant avec elle, ou bien en lui enlevant quelqu'élément : il pourrait agir encore comme un stimulant, comme un irritant; mais je ne m'occuperai point de cette action vague et occulte, qui ne peut être soumise ici à aucune épreuve concluante.

Lorsqu'on met germer une graine dans du gaz oxygène, il disparaît, et il est remplacé en même temps par du gaz acide carbonique. M. Rollo (3), qui a observé ces effets sur des

---

(3) Annales de Chimie, t. 25, p, 37.

graines d'orge, a cru que le gaz oxygène consumé avait été employé, 1.° pour la plus grande partie, à être absorbé par la graine; 2.° à former, avec le carbone de la graine, du gaz acide carbonique. On ne trouve dans cette opinion qu'un soupçon qui n'est fondé sur aucune analyse précise.

Il m'a paru qu'on ne pouvait jeter du jour sur ce qui se passait à cet égard dans la germination, qu'en comparant la quantité du gaz oxygène consumé, avec la quantité du gaz acide carbonique qui se produit en même temps. Si la quantité du gaz oxygène consumé l'emporte sur celle qui entre dans le gaz acide formé pendant l'opération, on peut en conclure qu'effectivement la graine a absorbé du gaz oxygène : mais si ces deux quantités sont constamment égales, on doit en inférer que le gaz oxygène n'a point été absorbé par la graine, mais qu'il a été employé uniquement à enlever au végétal du carbone, en formant, avec ce dernier, du gaz acide carbonique.

J'ai donné, dans le Journal de physique, an 7, le détail de mes recherches à ce sujet. Je les ai faites dans des cloches pleines d'air commun, et fermées par du mercure; je n'y ai introduit qu'une quantité d'eau très-petite,

ou seulement suffisante pour faire germer les graines, afin que ce fluide ne fît pas disparaître sensiblement le gaz acide carbonique produit dans la germination. J'ai fait ces expériences sur des graines de pois, de féve, de haricot, d'orge, de blé, de laitue, de pourpier, de cresson de jardin; elles m'ont toutes donné le résultat que je viens d'annoncer.

Le carbone, en se combinant au gaz oxygène par la combustion, ne doit point changer sensiblement le volume de ce dernier; car on trouve par le calcul, en suivant les données de Lavoisier, que 100 pouces cubes de gaz acide carbonique contiennent 49,67 grains d'oxygène, qui font 98 pouces cubes de gaz oxygène (4). Les graines en germant, ainsi que le carbone en brûlant, ne changent pas sensiblement le volume du gaz oxygène qu'elles métamorphosent en gaz acide carbonique. Lorsqu'on fait, par exemple, germer des grai-

(4) Lavoisier a trouvé, en faisant l'expérience de la combustion du charbon dans le gaz oxygène, que celui-ci subissait une petite diminution équivalente environ à la $\frac{5}{100}$ de son volume. Cette différence provient de ce qu'on ne peut pas dépouiller entièrement le charbon d'hydrogène; aussi a-t-elle été d'autant moindre, qu'on a employé du charbon plus pur et plus sec. (*Mémoires de l'Académie des Sciences, année 1781.*)

nes dans 100 pouces cubes d'air commun, qui contiennent 21 pouces cubes de gaz oxygène et 79 pouces cubes de gaz azote, on trouve que si la germination a produit 14 pouces cubes de gaz acide carbonique, il ne reste que 7 pouces cubes de gaz oxygène libre dans leur atmosphère; ou que, s'il s'est produit 7 pouces cubes de gaz acide carbonique, il reste dans le récipient 14 pouces cubes de gaz oxygène. Le volume du gaz oxygène consumé, est donc égal au volume du gaz acide carbonique qui se produit en même temps. Ce résultat, qui jusqu'à présent n'admet aucune exception, est une observation qui doit nous éclairer sur l'emploi du gaz oxygène dans la germination, quelqu'opinion qu'on adopte sur les proportions des principes constituants du gaz acide carbonique.

Pour observer les effets que j'ai annoncés, il faut que les graines soient en contact immédiat avec le gaz oxygène; lorsqu'elles en sont privées par une couche d'eau ou par leur trop grand entassement, elles se putréfient, et fournissent alors du gaz hydrogène et du gaz acide carbonique; tandis qu'en germant, elles ne perdaient que du carbone.

M. Rollo, qui a vu que les graines humectées dans un milieu dépourvu de gaz oxygène,

fournissaient du gaz acide carbonique, en a conclu qu'elles développent ce gaz, ou ses deux éléments, lorsqu'elles sont en présence du gaz oxygène : mais il n'y a aucune comparaison, aucune analogie à établir entre une graine qui germe sous l'influence du gaz oxygène, et une graine qui se décompose dans un lieu qui en est totalement privé.

L'action du gaz oxygène sur les cotyledons, même lorsqu'ils restent sous terre, comme ceux des féves et des haricots, est utile à la végétation de la plante après sa germination; car, lorsqu'on fait germer ces graines dans l'eau, la plante qui en provient ne peut prospérer dans l'air, qu'autant que les cotyledons sont au-dessus de la surface du liquide.

Les graines qui germent à l'aide de l'eau sous un récipient plein de gaz oxygène pur, y produisent, dans des circonstances égales, une beaucoup plus grande quantité de gaz acide carbonique, que sous un récipient plein d'air atmosphérique. Le gaz acide carbonique paraît être, dans toutes les proportions, nuisible à un commencement de germination : lorsqu'on place de la chaux vive humectée sous le récipient plein d'air où l'on fait germer des graines, de manière cependant à ce qu'elles ne soient point en contact avec cette terre, l'ac-

croissement de leur radicule en est un peu accéléré. Une quantité de gaz acide carbonique, quelque petite qu'elle soit, ajoutée à l'air commun où l'on fait germer des graines, retarde plus la germination que ne le fait une quantité semblable de gaz hydrogène ou de gaz azote.

Je n'ai pu voir aucune différence dans l'époque de la germination des graines placées en même temps dans l'air commun et dans le gaz oxygène pur. Je n'ai pas trouvé non plus que des graines de pois, de blé, de cresson, placées à l'air libre sur deux éponges, dont l'une était arrosée avec de l'eau fortement oxygenée, par une pompe de compression, et l'autre avec de l'eau bouillie, aient germé à des époques différentes; lorsque j'ai prolongé l'épreuve, en tenant les radicules plongées dans l'eau bouillie et dans l'eau oxygenée, elles se sont constamment moins alongées dans cette dernière. On peut attribuer cet effet à deux causes différentes : l'une, à ce que le gaz oxygène pur enlève aux graines une trop grande quantité de carbone ; l'autre, à ce que le gaz acide carbonique, plus abondant, est nuisible à leur premier développement. En général, ce gaz ne paraît utile aux végétaux qu'autant qu'ils peuvent le décomposer; les graines, avant le

développement de leur plumule, ne semblent pas pouvoir opérer cette décomposition.

Il est peut-être superflu de remarquer que les graines requièrent, suivant leur espèce, pour parvenir à un commencement de germination, différentes doses de gaz oxygène : les semences de haricot, de féve, de laitue, en consument, à poids égal, plus que les pois, et ceux-ci plus que le blé, l'orge, le pourpier. Il est très-difficile de déterminer avec exactitude ces quantités par des nombres, parce que l'époque précise de la germination laisse toujours quelqu'incertitude. La quantité du gaz oxygène consumé pour produire un commencement de germination, m'a paru égale, pour le haricot, la féve, la laitue, environ à la centième partie de leur poids; le gaz oxygène consumé par le froment, l'orge et le pourpier, est égal à la millième ou à la deux millième partie de leur poids : le carbone que ces graines perdent en même temps, n'est environ que le tiers de ces quantités.

La quantité de gaz oxygène employée par les mêmes graines pour germer, est, toutes choses d'ailleurs égales, proportionnelle à leur poids et non pas à leur nombre. J'ai choisi quatre grosses féves, dont le poids était égal à vingt-trois autres plus petites; j'ai fait germer

les grosses et les petites féves en même temps, mais séparément, dans deux récipients fermés par du mercure : les quatre grosses féves ont consumé, dans cette opération, autant de gaz oxygène que les vingt-trois autres plus petites. Une grosse graine exige donc plus de gaz oxygène pour se développer, qu'une petite de la même espèce : celle-ci pourra germer dans la terre à une plus grande profondeur que la première. Si l'expérience démontre que les grosses graines se développent à une profondeur où les petites périssent, ce n'est point parce que ces dernières n'y germent pas, c'est parce que leurs plumules, plus faibles, ne peuvent pas soulever la terre qui les recouvre.

§. III.

Des modifications qu'éprouve la graine par la germination.

On n'observe, dans la germination, aucun effet qui puisse nous faire admettre la décomposition de l'eau; car les semences n'émettent alors point de gaz hydrogène ni de gaz oxygène : ce dernier fait partie du gaz acide carbonique qu'elles composent; mais il appar-

tenait à leur atmosphère avant la germination.

Les graines submergées dans l'eau, ou placées avec ce fluide dans du gaz azote pur, y émettent du gaz acide carbonique, du gaz hydrogène carburé et du gaz azote; mais ces émissions sont des éléments qui se séparent de la substance même de la graine pendant sa fermentation : elles ne s'observent que lorsqu'elle commence à se putréfier, mais jamais pendant sa végétation ou son développement, ni même pendant sa fermentation, lorsqu'elle s'opère avec le contact immédiat du gaz oxygène (5).

---

(5) Je dis en contact immédiat; car le contact de l'air atmosphérique avec l'eau dans laquelle les graines mortes sont submergées, augmente singulièrement le développement du gaz hydrogène. Des graines placées sous un peu d'eau recouverte d'une couche d'huile ou sans huile sous un récipient rempli par une petite quantité d'eau, et fermé par du mercure, ne peuvent y émettre que très-peu de gaz, ou tout au plus trois ou quatre fois leur volume, et le végétal ne s'altère pas sensiblement; mais si l'on supprime le mercure ou l'huile, l'émission du gaz hydrogène n'a d'autres limites que la disparition presqu'absolue de la graine. La pression mécanique de l'huile ou du mercure, pourrait suspendre ce dégagement; mais, dans mes expériences, elle n'était pas assez considérable pour produire cet effet; car une colonne d'eau égale en poids à celle de ces fluides étrangers, n'arrê-

Plusieurs graines passent en germant dans l'air atmosphérique, de l'état mucilagineux à l'état sucré. M. Rollo ayant remarqué qu'elles ne subissent pas ce changement de saveur dans de l'eau pure ou dans des milieux privés de gaz oxygène, et l'analyse ayant démontré depuis longtemps que le sucre contient plus d'oxygène que le mucilage, on a conclu de ces observations réunies, que le sucre ne se forme dans la graine germée, que parce qu'elle se combine au gaz oxygène qui lui sert d'atmosphère, ou que parce qu'elle décompose l'eau qui l'environne.

Ces conséquences ou ces explications ne sont point nécessaires; car le mucilage des graines est formé d'hydrogène, d'oxygène, et de carbone; et la proportion de l'oxygène peut aussi bien être augmentée dans ce composé par la soustraction d'un autre élément (le carbone), que par l'addition du gaz oxygène étranger.

Lorsque j'ai fait germer à l'aide de l'eau pure en vase clos, une graine quelconque réduite à son dernier degré de dessèchement,

---

terait pas l'émission du gaz. Je crois que le gaz acide carbonique que l'eau retient en plus grande quantité, lorsqu'elle n'est pas en contact avec l'atmosphère, sert d'anti-septique à la graine.

avant l'expérience et lorsque j'ai fait sécher cette même graine après sa germination, j'ai toujours trouvé que cette graine germée et desséchée, pesait moins que la même graine avant sa germination, quoique je lui rendisse par le calcul le carbone qu'elle avait perdu dans le gaz acide carbonique, soit pendant sa végétation, soit pendant son desséchement : et de plus la petite quantité de mucilage ou d'extrait qu'elle avait laissé dans l'eau qui avait servi à la faire développer.

Ce singulier résultat ne peut, à ce que je crois, s'expliquer qu'en admettant que la graine a abandonné de l'eau auparavant fixée dans sa propre substance. Il reste à déterminer si cette eau est abandonnée dans le temps de la germination, ou après la mort de la graine pendant son desséchement. Il m'a paru que c'était seulement pendant cette dernière opération, parce que lorsque j'ai prolongé la végétation pendant un temps double ou triple, la perte de poids est restée toujours la même; tandis que lorsque j'ai prolongé la durée du desséchement, la déperdition a toujours été plus considérable. Soixante et treize graines de pois, récoltées depuis cinq ans, et placées depuis plusieurs semaines dans une étuve chauffée constamment au 20.e degré du th. de Réaum.

pesaient, réunies, 200 grains; elles ont été introduites avec cinq fois leur poids d'eau distillée, dans un grand flacon plein d'air atmosphérique, fermé par un bouchon de verre, et renversé sur du mercure. J'ai retiré ces graines au bout de deux jours; elles étaient presque toutes germées, et elles avaient formé pendant ce développement 4 $\frac{1}{2}$ pouces cubes de gaz acide carbonique, qui contiennent, suivant Lavoisier, 0,85 grains de carbone. L'eau qui restait dans le flacon, évaporée à une douce chaleur, a laissé pour résidu sec 0,75 grains de mucilage ou d'extrait.

J'ai fait sécher ces graines sur un vase plat, dans la même étuve où elles avaient germé, et j'ai examiné par des expériences comparatives faites sur d'autres graines germées, les modifications qu'elles faisaient subir à leur atmosphère en se desséchant; j'ai trouvé qu'elles ne produisaient point de gaz hydrogène, et qu'elles formaient comme en germant du gaz acide carbonique avec le gaz oxygène ambiant, sans produire en entier le gaz acide de leur propre substance. La quantité de carbone que les graines mortes perdaient, m'a paru moindre dans le même temps et à la même température que pendant la végétation; elles ont employé deux jours à sécher, ou le même

temps qu'elles avaient mis à germer : je supposerai, pour abréger, que les quantités de carbone qu'elles ont perdu dans ces deux opérations sont égales. Les graines en séchant n'ont donné ni par l'odeur, ni par d'autres produits, ni par l'apparence extérieure, aucun indice de putréfaction et d'altération. Leur volume seul a diminué sensiblement. Ces graines, d'après les seuls résultats que j'ai annoncés, devaient peser sèches $200 - 0{,}85 \times 2 - 0{,}75 = 197{,}5$ grains ; or j'ai trouvé qu'elles ne pesaient que 189 grains, elles n'avaient pu perdre que de l'eau outre les principes dont j'ai parlé, et cette eau perdue montait environ à 8 grains.

J'ai répété la même épreuve à la même température, sur des graines parfaitement semblables, en les laissant végéter ou germer dans le flacon pendant quatre jours au lieu de deux, elles ont perdu à très-peu près une double quantité de carbone ; mais elles n'ont perdu que 8 grains d'eau comme dans l'expérience précédente : le temps du desséchement restant le même. Cette quantité d'eau perdue a augmenté lorsque j'ai mis plus de temps au desséchement, en les exposant à une température plus basse et dans un lieu plus humide.

Ces épreuves ont été répétées sur des haricots et des féves ; les résultats ont été ana-

logues. La graine sèche germée a moins pesé que la graine sèche non germée, et cette différence s'est trouvée beaucoup plus grande que celle qui devait résulter de la déperdition du carbone pur et de l'extrait.

Comme la graine en séchant et en germant ne change point le volume de son atmosphère, et comme le gaz oxygène qu'elle y fait disparaître se retrouve en quantité rigoureusement égale dans le gaz acide produit, on doit admettre que le gaz oxygène atmosphérique n'a aucune part directe à la formation de cette eau; ou, en d'autres termes, qu'il ne se combine point avec l'hydrogène du végétal pour la former : elle provient en entier de la substance même de la semence.

La graine perd donc, sous la modification d'eau, une partie de son oxygène et de son hydrogène, et cette perte doit augmenter la proportion de ses autres principes, et en particulier celle du carbone. En effet, j'ai trouvé que cent parties en poids de graines sèches, germées en vase clos dans du gaz oxygène pur, contiennent plus de carbone que cent parties de graines sèches non germées. En prenant un terme moyen entre plusieurs observations, cent livres de graines de pois, ont fourni par la carbonisation 17 $\frac{3}{4}$ livres de charbon, tandis

que cent livres des mêmes graines sèches, germées en vase clos dans du gaz oxygène, ont produit 18 livres de charbon.

Cette déperdition d'eau et l'accroissement qui en résulte dans la proportion du carbone, n'a lieu qu'après la mort de la plante. La graine qui végète en vase clos dans une atmosphère de gaz oxygène pur, ne perd point d'eau antérieurement fixée ; elle n'en fixe point non plus, elle ne perd que du carbone. L'action directe du gaz oxygène sur la graine morte (6) et sur la graine germante, est essentiellement la même, elle se borne uniquement dans les deux cas à enlever du carbone. Mais les effets sont différents : la graine morte perd de l'eau fixée, soit de l'oxygène et de l'hydrogène, et la graine germante les retient.

§. IV.

De l'influence de la lumière sur la germination.

M. Senebier est le premier physicien qui a été conduit à admettre que la lumière est

(6) Je ne parle point ici des effets qui ont lieu dans les derniers périodes de la putréfaction, j'y reviendrai dans la suite.

nuisible à la germination. Cette opinion a été confirmée par les expériences comparatives que M. Ingenhoutz a faites à l'ombre et au soleil ; elle l'était peut-être d'ailleurs par la pratique des jardiniers, qui trouvaient de l'avantage à garantir leurs semis de l'action directe des rayons solaires.

Il reste à déterminer si l'effet nuisible de cet astre doit être attribué à sa chaleur, qui pourrait désorganiser la plante, ou à la lumière seule abstraitement considérée.

On a cru reconnaître ici l'influence de la lumière, parce que les expériences comparatives, à l'ombre et au soleil, ont été faites à des températures égales d'après l'indication du therm. Mais on doit observer que cet instrument placé sous un récipient dans l'atmosphère des graines, n'indique pas la chaleur réelle qu'elles éprouvent sur leur surface par l'impression des rayons solaires. Cette chaleur est si promptement dispersée par les corps environnants, qu'elle échappe à nos instruments. Elle est peut-être portée, comme l'a fait observer M. de Rumfordt (7), au degré de l'incandescence. La plantule doit en être d'autant plus affec-

(7) Essais politiques, économiques et philosophiques, t. 2, p. 273.

tée, que tous ses organes sont réunis dans un plus petit espace, qu'elle transpire moins, et qu'elle décompose moins de gaz acide carbonique (8). Or l'expérience prouve que les jeunes plantes transpirent d'autant moins, qu'elles sont moins développées : elle prouve encore que les jeunes feuilles décomposent, à volume égal, moins de gaz acide que celles qui sont adultes.

J'ai essayé de faire germer en même temps des graines exactement pesées, sous deux récipients égaux, l'un opaque et l'autre parfaitement transparent; mais elles ne recevaient sous ce dernier que la lumière diffuse du soleil, telle qu'elle nous parvient au travers d'une couche épaisse de nuages. La température était, d'après l'indication d'un thermomètre très-sensible, parfaitement égale dans les deux expériences. Je n'ai pu voir aucune différence dans l'époque de la germination des graines placées sous ces deux vases. En prolongeant l'épreuve sur les graines germées, elles ont acquis plus de poids sous le récipient transparent; leur végétation y était plus vigoureuse et plus avancée. Les plumules des

(8) La décomposition du gaz acide carbonique doit produire du froid, puisque sa composition fournit de la chaleur.

graines dans l'obscurité, étaient plus grèles et plus alongées par un effet de l'étiolement. Je crois pouvoir conclure de ces expériences, que rien ne démontre que la lumière ait, abstraction faite de la chaleur qui l'accompagne, une influence nuisible sur la germination et sur la végétation des jeunes plantes.

M. le Febvre (9) observe que ce n'est pas en desséchant les graines, que le soleil nuit à leur germination; parce qu'il a observé qu'elle s'opérait plus promptement sous l'eau à l'ombre qu'au soleil. Quoique les raisons que j'ai données sur la difficulté d'estimer la chaleur très-intense que peut acquérir la surface des graines placées dans l'air au soleil, puissent s'appliquer ici, elles ne sont pas la seule cause des résultats obtenus par cet auteur. La végétation sous l'eau peut être encore retardée au soleil, parce que l'air disseminé dans l'eau, et à l'aide duquel la germination aurait pu s'opérer à l'ombre, est en partie dégagé par l'influence des rayons solaires.

---

(9) Expériences sur la Germination des plantes, par Le Febvre, p. 136.

CHAPITRE SECOND.

Influence du Gaz acide carbonique sur la végétation.

J'aurais suivi un ordre peut-être plus méthodique, si j'eusse traité de l'influence du gaz oxygène sur les plantes développées, avant de procéder à l'examen de l'action du gaz acide carbonique, qui n'est que secondaire, et qui ne s'exerce qu'avec le concours du gaz oxygène : mais la connaissance des effets de ce dernier suppose des données préliminaires qui m'obligent d'intervertir l'ordre naturel.

§. I.er

Influence du gaz acide carbonique sur la germination.

Les graines ne germent pas dans le gaz acide carbonique pur. Une petite quantité de ce gaz (telle qu'un douzième) qui, mêlée à l'air atmosphérique, favorise, au soleil, la végé-

tation des plantes développées, nuit à la germination, et elle la retarde plus, soit à la lumière, soit à l'ombre, que ne le ferait une quantité égale de gaz hydrogène ou de gaz azote. Lorsqu'on introduit sous un récipient où l'on fait germer des graines avec de l'eau pure et de l'air atmosphérique, de la potasse ou une substance propre à absorber l'acide carbonique qu'elles forment avec le gaz oxygène ambiant, leur développement en est un peu accéléré. Il m'a toujours paru que la germination s'opérait plutôt dans du sable humecté, ou entre deux éponges mouillées, que dans du terreau, et ce dernier fournit du gaz acide. En général, ce gaz ne paraît utile aux végétaux qu'autant qu'ils peuvent le décomposer; et les graines, dans le premier instant de leur développement, ne paraissent point opérer sensiblement cette décomposition. Remarquons cependant que, comme les graines produisent, en germant, une trop grande quantité de gaz acide pour qu'on puisse les en priver entièrement, il est impossible de décider si son absence absolue leur est nuisible ou utile.

§. II.

Influence du gaz acide carbonique sur les plantes développées.

Lorsqu'on alimente, avec de l'eau légèrement imprégnée de gaz acide carbonique, des graines récemment germées, elle paraît leur être moins favorable que dans les époques postérieures de leur végétation. J'ai fait flotter dans deux bocaux, dont l'un était rempli par de l'eau distillée, et l'autre par de l'eau acidulée (1), deux plaques percées de vingt-quatre trous, qui étaient destinés à soutenir autant de graines de pois germées dans l'eau distillée. Leurs radicules avaient, au moment où l'expérience a été commencée, une longueur de 6 millimètres (2 $\frac{1}{2}$ lignes.)

Au bout de dix jours, les racines en contact avec l'eau distillée, s'étaient alongées de 1,3 décimètre (5 pouces) de plus que celles qui

(1) Cette eau contenait dans les premiers instants, environ le quart de son volume de gaz acide carbonique; mais comme elle était exposée à l'air libre au soleil, elle n'en conservait qu'une quantité infiniment moindre dans le cours général de l'expérience qui a duré six semaines; l'eau gazée a été dans cet intervalle renouvelée quatre fois.

étaient dans l'eau gazée; les tiges et les feuilles étaient développées en même raison. Mais, lorsqu'au bout d'un mois, les plantes nourries par l'eau acidulée ont été plus développées, elles ne différaient plus de celles qui végétaient à l'aide de l'eau pure, et qui avaient atteint plusieurs jours auparavant le maximum de leur accroissement. Celles-ci ont même été dévancées à leur tour par les premières : car les plantes de pois, placées dans l'eau gazée, avaient acquis, au bout de six semaines, une augmentation de 46,4 grammes (12 gros + 10 grains), tandis que celles qui avaient végété à l'aide de l'eau pure, s'étaient accrues de 4,55 grammes (11 gros + 66 grains) (1). Il est important de remarquer que M. Senebier a trouvé que les jeunes feuilles décomposent, à volume égal et dans le même temps, moins de gaz acide carbonique que les feuilles adultes.

---

(2) M. Ruckert (*Annales de Crell*) a trouvé que des féves et des violettes plantées dans des pots pleins de terreau de jardin, avaient mieux prospéré lorsqu'elles avaient été arrosées avec de l'eau qui contenait le tiers de son volume de gaz acide, que lorsqu'elles avaient été arrosées avec de l'eau distillée. Je n'ai pas su voir de différence sensible, en faisant la même expérience sur du blé : il est possible que mon terreau, plus chargé d'engrais, ait fourni aux plantes une quantité superflue de gaz acide.

Dans les expériences que je viens de rapporter, les tiges des plantes végétaient à l'air libre, et elles ne recevaient guère que par la racine le gaz acide étranger qu'on leur fournissait en dissolution dans l'eau. Il me reste à examiner maintenant si ce gaz est utile aux plantes, lorsqu'il leur sert d'atmosphère.

M. Percival a observé (*Mémoires de la Société de Manchester, vol.* 2.) qu'une plante de menthe alimentée par de l'eau, et exposée à un courant d'air atmosphérique mêlé de gaz acide carbonique, avait mieux prospéré qu'une plante semblable exposée à un courant d'air atmosphérique pur.

J'ai cherché à vérifier ce premier aperçu, et à déterminer la dose de gaz acide carbonique, qui, mêlée à l'air atmosphérique, peut favoriser la végétation.

J'ai fait germer des pois à l'aide de l'eau, jusqu'à ce que chaque plante eût acquis une hauteur d'environ 1 décimètre (4 pouces), et pesât 1 gramme (20 grains). J'en ai placé alors trois pour chaque expérience dans un verre à pied plein d'eau, de manière que les racines seules plongeassent dans ce liquide, et je les ai introduites avec différents mélanges d'air commun et de gaz acide carbonique, dans des récipients fermés par de l'eau qui était

recouverte dans leur intérieur d'une couche d'huile, lorsqu'ils contenaient plus que la moitié de leur volume de gaz acide carbonique. Trois plantes de pois avaient dans chaque expérience une atmosphère égale à 990 centimètres cubes (50 pouces cubes), et elles n'en déplaçaient pas la quatre centième partie. Elles recevaient tous les jours, pendant cinq à six heures, les rayons directs du soleil, modérés lorsqu'ils avaient trop d'intensité. J'ai établi en même temps, et dans le même lieu, des appareils semblables exposés à une lumière faible et diffuse. Je donne à cette dernière manière de les placer, le nom d'*exposition à l'ombre.*

Résultats au soleil.

La moyenne de l'augmentation de poids des plantes exposées pendant dix jours au soleil, a été 425 milligrammes (8 grains) pour chaque pois dans l'air atmosphérique pur (3).

---

(3) Cette augmentation de poids était due pour la plus grande partie, et peut-être même en totalité, à l'introduction de l'eau liquide, soit eau de végétation, dans les feuilles qui se développaient pendant l'expérience, et qui puisaient leur substance solide dans les cotyledons encore gros et adhérents à la plante. Ces cotyledons contenaient trois ou

Ces plantes se sont flétries à la même exposition, dès qu'elles ont été en contact avec le gaz acide carbonique pur.

Elles ont subi le même sort dans l'atmosphère qui contenoit les trois quarts et les deux tiers de son volume de gaz acide carbonique.

Elles ont végété pendant sept jours dans le vase qui contenait la moitié de son volume de gaz acide ; après ce terme elles ont cessé de végéter.

Les plantes dont l'atmosphère contenait un quart de son volume de gaz acide, se sont soutenues pendant les dix jours destinés à l'expérience ; mais elles ont peu prospéré. Chaque pois n'a augmenté que de 265 milligrammes (5 grains.)

Avec un huitième de gaz acide, la moyenne de l'accroissement a été de 371 milligrammes (7 grains).

Enfin, la moyenne de l'augmentation de chaque plante dans une atmosphère d'air commun dont le gaz acide occupait la douzième partie, a été de 583 milligrammes (11 grains.) J'ai répété plusieurs fois cette expérience, et

---

quatre fois moins d'eau de végétation, que les feuilles qu'ils contribuaient à faire développer. Je reviendrai ailleurs sur ce sujet, qui n'a aucun rapport avec celui dont je m'occupe ici.

les plantes y ont constamment mieux prospéré que dans l'air atmosphérique pur. Celles qui ont végété dans celui-ci ne l'ont changé sensiblement ni en pureté, ni en volume ; mais celles qui ont végété dans le mélange artificiel en ont changé presque tout le gaz acide carbonique en gaz oxygène.

J'ai fait une autre expérience qui confirme celle-ci, et qui prouve d'une manière directe que le terreau est utile aux végétaux, non-seulement par les aliments qu'ils y peuvent puiser par leurs racines, mais encore par l'influence qu'il a sur l'atmosphère (influence qui, comme on le sait, consiste en grande partie à former du gaz acide carbonique). J'ai suspendu à la partie supérieure d'un récipient qui contenait environ 3 litres (150 pouces cubes) d'air atmosphérique, 61 grammes (2 onces) de terreau humecté, et j'ai recouvert avec ce récipient fermé par de l'eau des plantes de pois en partie développées, et dont les racines plongeaient pendant l'expérience dans de l'eau pure. Au bout de dix jours, ces plantes, qui ne touchaient nullement le terreau, ont pris au soleil un accroissement d'un tiers plus grand que d'autres plantes semblables placées en même temps sans terreau sous un récipient égal au précédent. Mais je

dois observer que je renouvelais deux fois, dans les 24 heures, l'air des récipients; car sans cette précaution, les plantes qui végétaient avec le terreau auraient moins prospéré soit parce qu'il s'en dégage trop de gaz acide, soit plutôt parce que le terreau produit des vapeurs ou des miasmes qui, dans un air non renouvelé, et par une cause inconnue, sont éminemment nuisibles à la végétation.

Résultats à l'ombre.

Dans les appareils exposés à l'ombre, la plus petite dose d'acide carbonique ajoutée à l'air commun, a été nuisible à la végétation; les plantes sont mortes, dès le sixième jour, dans l'atmosphère qui contenait le quart de son volume de gaz acide carbonique. Elles se sont soutenues à la même exposition pendant dix jours dans une atmosphère dont l'acide carbonique occupait la douzième partie, mais leur accroissement n'y a été que de 159 milligrammes (3 grains), tandis qu'il était de 265 milligrammes (5 grains) dans l'air atmosphérique pur.

Nous venons de reconnaître que le gaz acide carbonique ajouté artificiellement dans de très-petites proportions à l'atmosphère des plantes,

est utile à leur végétation au soleil, mais il n'exerce cette action bienfaisante qu'autant que cette atmosphère contient du gaz oxygène libre. Ainsi, les plantes qui peuvent soutenir leur végétation dans du gaz azote, y meurent même au soleil, lorsqu'on y ajoute la proportion de gaz acide carbonique qui aurait favorisé leur développement dans l'air atmosphérique.

§. III.

L'élaboration du gaz acide carbonique par les feuilles, est nécessaire à leur végétation au soleil.

Les expériences dont j'ai donné le détail sur la végétation des pois dans l'air atmosphérique pur, ont eu les mêmes résultats lorsque j'ai lavé cet air dans de l'eau de chaux, et que je l'ai privé ainsi de la très-petite quantité d'acide carbonique qu'il contient naturellement. Mais ces résultats ont été très-différents, quand j'ai introduit dans l'atmosphère des plantes une substance propre à absorber le gaz acide carbonique qu'elles contribuent à former. J'ai suspendu à la partie supérieure des récipients qui recouvraient les pois, 7 ou 8 grammes (2 ou 3 gros) de chaux éteinte

à l'eau et desséchée ensuite brusquement à la chaleur de l'eau bouillante. J'ai fait reposer l'ouverture de ces récipients sur des soucoupes pleines d'eau de chaux.

Dès le second jour, l'atmosphère des plantes exposées *au soleil* dans cet appareil, a diminué de volume. Le troisième jour, les feuilles inférieures ont commencé à jaunir; et entre le cinquième et le sixième jour, les tiges étaient mortes ou entièrement défeuillées. L'atmosphère des plantes, examinée à cette époque, s'est trouvée viciée; elle ne contenait plus que $\frac{16}{100}$ de gaz oxygène. Les pois qui avaient végété en même temps sans chaux sous des récipients pleins d'air commun, ne l'avaient changé ni en pureté ni en volume, et ils étaient sains et vigoureux dans toutes leurs parties. Nous voyons par l'expérience avec la chaux qu'il y a eu absorption, et par conséquent formation de gaz acide carbonique; car la substance qui a produit l'absorption, n'a eu d'action que sur ce gaz. Nous voyons de plus que la présence, ou plutôt l'élaboration de l'acide carbonique, est nécessaire à la végétation au soleil (4). On

(4) On pourrait croire que la soustraction de la partie du gaz oxygène atmosphérique retenue par le gaz acide carbonique dans la chaux, a éte la cause de la cessation de la végétation; mais les pois développés peuvent se sou-

trouve enfin, que quand on ne s'aperçoit pas de la production de l'acide carbonique par les plantes qui végètent sans chaux dans l'air commun, c'est parce qu'elles le décomposent à mesure qu'elles le forment avec le gaz oxygène environnant.

A l'ombre j'ai obtenu un résultat différent; non-seulement les plantes ne sont point mortes dans le récipient qui contenait la chaux et l'eau de chaux, mais elles y ont mieux prospéré que dans un récipient semblable où ces substances n'étaient point.

La moyenne de l'accroissement en poids de chaque plante végétant avec la chaux, a été de 371 milligrammes (7 grains) dans l'espace de dix jours. L'air du récipient contenait $\frac{3}{100}$ de gaz acide carbonique après l'expérience. Mais dans l'air commun sans

---

tenir dans du gaz azote pur. La chaux ou la potasse exercent toute leur influence délétère sur les plantes marécageuses, qui prospèrent aussi bien dans le gaz azote pur, que dans l'air atmosphérique.

Je dois observer que la chaux vive ou la potasse n'ont point d'action bien sensible sur la végétation des plantes grasses, parce que leur parenchyme très-épais, et leur épiderme moins poreux que celui des autres végétaux, retiennent plus obstinément le gaz acide carbonique : par la même raison, les tiges de toutes les plantes sont beaucoup moins affectées que les feuilles, dans ces expériences.

chaux, chaque pois n'a acquis que 212 milligrammes (5 grains). L'eau de chaux a démontré dans cette atmosphère $\frac{11}{100}$ de gaz acide.

On voit par ces résultats que l'on ne peut juger de l'effet de la privation absolue de l'acide carbonique sur la végétation à l'ombre, parce que la production de cet acide est trop considérable dans ce cas pour que la chaux puisse l'aborder en entier à mesure qu'il est formé, mais que l'effet d'une privation partielle est de favoriser la végétation.

Par la même raison, la chaux ne fait point tomber les feuilles des plantes qui végètent au soleil dans une atmosphère de gaz oxygène pur. On retrouve dans cette atmosphère une quantité surabondante de gaz acide carbonique que la terre alkaline n'a point eu le temps d'absorber aussitôt qu'il a été formé.

Les observations précédentes n'ont été faites que sur des plantes qui végétaient dans de l'eau pure; et il était important de s'assurer si on obtiendrait les mêmes effets avec des plantes qui auraient leurs racines dans de la terre végétale. Mais on ne pouvait pas placer cette terre sous le récipient, parce qu'elle produit une trop grande quantité de gaz acide pour que la chaux, qui n'agit qu'à distance, puisse l'enlever avant son élaboration par le végétal.

J'ai introduit dans un ballon de verre 31 grammes (1 once) de la même chaux, dont je me suis servi dans les expériences précédentes. Je l'ai légèrement humectée pour lever tout scrupule sur sa vertu desséchante. J'ai fait entrer ensuite dans le ballon, qui avait environ 4 litres (200 pouces cubes) de capacité, une branche (5) ligneuse, garnie de feuilles, exposée au soleil, et dont les racines étaient dans la terre végétale : j'ai eu soin que les feuilles ne touchassent ni la chaux, ni les parois du ballon, dont le col a été exactement luté à la branche. J'ai adapté un appareil semblable à un rameau placé à côté du précédent, mais sans chaux dans le ballon. Ce rameau a conservé sa fraîcheur pendant plus de deux mois, mais il n'en a pas été de même pour celui qui végétait sur la chaux; ses feuilles se sont conservées vertes pendant douze jours; depuis lors elles ont commencé à sécher, et au bout de trois semaines, elles sont toutes tombées. La branche n'était point morte; elle a poussé, un mois après, dans le ballon qui

(5) Les plantes sur lesquelles j'ai fait ces expériences, sont le chèvre-feuille (lonicera capri folium), le prunier (prunus domestica), le troëne (ligustrum vulgare), et le pêcher (amygdalus persica.)

n'avait point été déluté, de nouvelles feuilles. Mais à cette époque la chaux n'avait plus d'action sur l'air ambiant; sa surface était saturée d'acide carbonique. Je l'ai retirée, et j'ai trouvé qu'elle faisait effervescence avec les acides.

Ces productions nouvelles prouvent que la chûte des feuilles n'a point été due à la privation du gaz oxygène, qui a pu être retenu dans la chaux par le gaz acide carbonique, mais à l'absence seule de ce dernier. Si dans ces expériences les effets ont été plus lents que dans les précédentes, c'est en partie parce que les plantes qui tenaient au sol n'ont point été privées de l'action de l'acide carbonique qu'elles recevaient de la terre végétale par les racines, mais seulement de l'action extérieure de ce gaz sur les feuilles.

§. IV.

De la décomposition du gaz acide carbonique par les parties vertes des végétaux.

Priestley a reconnu le premier que les feuilles avaient la propriété d'améliorer l'air vicié par la combustion ou par la respiration; mais il n'a point remonté à la cause de ce phénomène. M. Senebier a découvert que les feuilles dé-

composaient le gaz acide carbonique en s'appropriant son carbone et en éliminant son oxygène. Il a observé que les feuilles fraîches exposées au soleil, dans de l'eau de source ou de l'eau légèrement imprégnée de gaz acide carbonique, produisaient du gaz oxygène aussi longtemps qu'il restait du gaz acide dans l'eau. Il a vu que lorsque ce gaz était épuisé, et que lorsqu'on exposait les feuilles dans de l'eau distillée, elles ne produisaient pas une quantité d'air plus grande que celle qui pouvait être interposée dans leur propre volume. Mais on n'a point encore analysé les effets de la décomposition du gaz acide carbonique, on n'a point vu si la quantité de gaz oxygène éliminé est supérieure, ou inférieure, ou égale à celle qui entre dans la composition du gaz acide. C'est à la solution de cette question que les expériences suivantes ont été destinées. J'entrerai à leur sujet dans des détails longs et minutieux; mais sans eux les résultats seraient presqu'insignifiants.

I.re EXPÉRIENCE,

Sur la Pervenche, (Vinca minor, L.)

J'ai composé avec du gaz acide carbonique et de l'air commun où l'endiomètre à phos-

phore indiquait $\frac{21}{100}$ de gaz oxygène, une atmosphère artificielle qui occupait 5,746 litres (290 centimètres cubes). L'eau de chaux y dénonçait 7 $\frac{1}{2}$ centièmes de gaz acide carbonique. Le mélange aériforme était renfermé dans un récipient fermé par du mercure humecté, ou recouvert d'une très-mince couche d'eau pour empêcher le contact de ce métal avec l'air qui environnait les plantes; car j'ai bien constaté que ce contact, ainsi que l'ont annoncé les chimistes hollandais, est nuisible à la végétation dans des expériences prolongées.

J'ai introduit sous ce récipient sept plantes de pervenche, hautes chacune de deux décimètres (8 pouces), elles déplaçaient en tout 10 centimètres cubes ($\frac{1}{2}$ pouce cube) : leurs racines plongeaient dans un vase séparé, qui contenait 15 centimètres cubes ($\frac{3}{4}$ de pouce cube) d'eau; la quantité de ce liquide sous le récipient, était insuffisante pour absorber une quantité sensible de gaz acide, surtout à la température du lieu, qui n'était jamais moindre que + 17 degrés de Réaumur.

Cet appareil a été exposé pendant six jours de suite, depuis cinq heures du matin jusqu'à onze heures, aux rayons directs du soleil, affaiblis toutefois lorsqu'ils avaient trop d'intensité. Le septième jour, j'ai retiré les plantes

qui n'avaient pas subi la moindre altération. Leur atmosphère, toute correction faite, n'avait pas changé de volume, du moins autant qu'on en peut juger dans un récipient de 1,3 décimètres (5 pouces) de diamètre, où une différence de 20 centimètres cubes (un pouce cube) est presqu'inapréciable ; mais l'erreur ne peut aller au-delà.

L'eau de chaux n'y a plus démontré de gaz acide carbonique : l'endiomètre y a indiqué 24 $\frac{1}{2}$ centièmes de gaz oxygène. J'ai établi un appareil semblable, avec de l'air atmosphérique pur, et le même nombre de plantes à la même exposition ; celui-ci n'a changé ni en pureté, ni en volume.

Il résulte des observations endiométriques énoncées ci-dessus, que le mélange d'air commun et de gaz acide contenait avant l'expérience :

4199 centim. cub. ou	(211,92 pouces cub.)	de gaz azote.
1116...............	(56,33...........)	de gaz oxygène.
431...............	(21,75...........)	de gaz acide carb.
5746...............	(290...............)	....

Le même air contenait après l'expérience :

4338 centim. cub. ou	(218,95 pouces cub.)	de gaz azote.
1408...............	(71,05...........)	de gaz oxygène.
0...............	(0.............)	de gaz acide carb.
5746...............		

Les pervenches ont donc élaboré ou fait disparaître 431 centimètres cubes (21 $\frac{3}{4}$ pouces cubes) de gaz acide carbonique, si elles en eussent éliminé tout le gaz oxygène, elles en auraient produit un volume égal à celui du gaz acide qui a disparu; mais elle n'ont dégagé que 292 centimètres cubes (14 $\frac{3}{4}$ pouces cubes) de gaz oxygène; elles se sont donc assimilées 139 centimètres cubes (7 pouces cubes) de gaz oxygène dans la décomposition du gaz acide, et elles ont produit 139 centimètres cubes (7 pouces cubes) de gaz azote.

Une expérience comparative m'a prouvé que les sept plantes de pervenche que j'avais employées, pesaient sèches, avant la décomposition du gaz acide, 2,707 grammes (51 grains), et qu'elles fournissaient par la carbonisation au feu en vase clos, 528 milligrammes (9,95 grains) de charbon. Les plantes qui avaient décomposé le gaz acide, ont été séchées et carbonisées par le même procédé, et elles ont fourni 649 milligrammes (12,23 grains) de charbon. La décomposition du gaz acide a donc fait obtenir 120 milligrammes ou 2,28 grains de charbon.

J'ai fait également carboniser les pervenches qui avaient végété dans l'air atmosphérique dépouillé de gaz acide et j'ai trouvé que la

proportion de leur carbone avait plutôt diminué qu'augmenté pendant leur séjour sous le récipient.

II.e EXPÉRIENCE,

Sur la Menthe aquatique. (Mentha aquatiqua. L.)

Le mélange d'air commun et de gaz acide qui devait servir d'atmosphère à deux plantes de menthe, hautes chacune de 3,5 décimètres (13 pouces), et qui déplaçaient ensemble 10 centimètres cubes ($\frac{1}{2}$ pouce cube), occupait 6,5 litres (328 pouces cubes). L'eau de chaux y indiquait 7 $\frac{1}{4}$ centièmes de gaz acide carbonique. Avant l'addition de ce dernier, l'air commun contenait 21 centièmes de gaz oxygène. La disposition des appareils était la même que pour l'expérience précédente.

Au bout de dix jours les plantes s'étaient alongées d'un décimètre (4 pouces), et elles avaient poussé de longues racines, mais le volume de leur atmosphère n'avait pas changé. L'eau de chaux n'a plus indiqué à cette époque dans le mélange artificiel, que 2 $\frac{1}{2}$ centièmes de gaz acide. Après la soustraction de ce dernier, cette atmosphère contenait 23 $\frac{1}{2}$ centièmes de gaz oxygène.

L'air commun sans mélange, où deux plantes de menthe végétaient en même temps, n'avait subi aucun changement, soit dans sa pureté, soit dans son volume.

Les menthes ont donc fait disparaître dans l'épreuve antérieure, 309 centimètres cubes (15,6 pouc. cub.) de gaz acide carbonique; elles en ont éliminé 224 centimètres cubes (11,26 pouces cubes) de gaz oxygène; elles ont retenu 86 centimètres cubes (4,34 pouces cubes) de gaz oxygène, en élaborant le gaz acide, et elles ont remplacé le gaz oxygène absorbé, par une quantité à-peu-près égale de gaz azote.

J'ai trouvé par la carbonisation, que ces plantes avaient augmenté leur quantité de charbon dans cette expérience, et que cette addition ne se trouvait plus dans celles qui avaient végété sous un récipient plein d'air atmosphérique pur.

III.e EXPÉRIENCE,

Sur la Salicaire, (Lythrum Salicaria.)

Le mélange d'air atmosphérique et de gaz acide, qui devait servir à cette épreuve, occupait 1,486 litres (75 pouces cubes): l'eau de chaux y indiquait $\frac{10}{100}$ de gaz acide: avant l'ad-

dition de ce dernier, l'air commun contenait $\frac{21}{100}$ de gaz oxygène. La salicaire déplaçait 2,8 centimètres cubes ($\frac{1}{7}$ de pouce cube). La disposition était la même que dans les expériences précédentes. Le récipient dont j'ai pu me servir ici, avait 9 centimètres (3,5 pouces) de diamètre, et je n'ai pas pu me tromper de plus de 5 centimètres cubes ($\frac{1}{4}$ de pouce cube) dans l'estimation des volumes.

Au bout de sept jours destinés à cette expérience, la salicaire n'avait pas laissé jaunir une seule feuille. L'atmosphère avait diminué de 10 centimètres cubes ($\frac{1}{2}$ pouce cube). Elle ne contenait plus alors de gaz acide carbonique, et l'endiomètre y indiquait 27 $\frac{1}{4}$ centièmes de gaz oxygène.

Une autre salicaire qui a végété pendant le même temps, dans des circonstances égales, avec de l'air atmosphérique pur, ne l'a pas changé ni en pureté, ni en volume.

D'après les résultats endiométriques énoncés ci-dessus, la plante qui a séjourné dans le mélange artificiel, a fait disparaître 149 centimètres cubes (7 $\frac{1}{2}$ pouces cubes) de gaz acide, elle en a éliminé 121 centimètres cubes (6,13 pouces cubes) de gaz oxygène ; elle s'est assimilée 27 centimètres cubes (1,37 pouces cubes) de gaz oxygène dans le gaz

acide, et elle a produit 21 centimètres cubes (1,1 pouce cube) de gaz azote.

IV.e EXPÉRIENCE,

Sur le Pin, (Pinus genevensis.)

Le mélange d'air commun et de gaz acide carbonique, occupait 5,549 litres (280 pouces cubes) : l'eau de chaux y indiquait $\frac{7}{100}$ de gaz acide carbonique. J'y ai laissé pendant 18 jours un jeune pin, haut de 2,4 décimètres (9 pouces), et qui déplaçait 10 centimètres cubes ($\frac{1}{2}$ pouce cube). Après ce terme, l'atmosphère avait diminué de 39 centimètres cubes (2 pouces cubes), autant que j'en ai pu juger dans un récipient qui avait 1,6 décimètre (6 pouces) de diamètre.

Les endiomètres y ont indiqué 1 $\frac{1}{2}$ centième de gaz acide ; et après la soustraction de celui-ci, 24 $\frac{1}{2}$ centiemes de gaz oxygène.

Un autre pin qui a végété pendant le même temps sous un récipient plein d'air atmosphérique pur, ne lui a fait subir aucune modification sensible.

La plante a fait disparaître dans le mélange artificiel, 306 centimètres cubes (15 $\frac{1}{2}$ pouces cubes) de gaz acide carbonique ; elle en a

dégagé 246 centimètres cubes ($12\frac{1}{2}$ pouces cubes) de gaz oxygène ; elle a retenu 60 centimètres cubes (3 pouces cubes) d'oxygène dans la décomposition du gaz acide; enfin elle a produit 20 centimètres cubes (1 pouce cube) de gaz azote.

V.e EXPÉRIENCE,

Sur la Raquette, (Cactus opuntia.)

Le mélange d'air commun et de gaz acide carbonique occupait 3,072 litres (155 pouces cubes), et l'eau de chaux y indiquait $\frac{10}{100}$ de gaz acide. Le cactus déplaçait 22 centimètres cubes ($1\frac{1}{10}$ pouce cube) ; il a séjourné pendant huit jours sous le récipient exposé à l'action directe du soleil dans toute son intensité : j'avais modéré cette action pour les autres plantes qui auraient souffert sans cette précaution ; mais ici il n'y avait plus le même danger, et sans une forte lumière, la décomposition du gaz acide eût été trop lente.

Lorsque j'ai retiré la plante, le volume de son atmosphère n'avait pas sensiblement changé : les endiomètres y ont indiqué $\frac{4}{100}$ de gaz acide carbonique ; et après la soustraction de ce dernier, $\frac{24}{100}$ de gaz oxygène. Un cactus égal au

précédent, qui a végété pendant le même temps sous un pareil volume d'air atmosphérique pur qui contenait $\frac{21}{100}$ de gaz oxygène, ne lui a fait subir aucune modification sensible.

La plante a donc fait disparaître, dans le mélange artificiel, 184 centimètres cubes (9,3 pouces cubes) de gaz acide carbonique; elle en a éliminé 126 centimètres cubes (6,4 pouces cubes) de gaz oxygène; elle s'est assimilée 57 centimètres cubes (2,9 pouces cubes) de gaz oxygène dans la décomposition du gaz acide, et elle a remplacé le gaz oxygène absorbé par une quantité à-peu près égale de gaz azote.

Il résulte de toutes ces expériences, que les plantes, en décomposant le gaz acide carbonique, s'assimilent une partie du gaz oxygène qui y est contenu.

§. V.

Les plantes alimentées avec de l'eau pure à l'air libre, puisent du carbone dans la petite quantité de gaz acide carbonique qui existe naturellement dans notre atmosphère.

Les observations précédentes prouvent que les plantes décomposent, dans des vases fer-

més, le gaz acide carbonique, lorsqu'il est mêlé à l'air atmosphérique dans de beaucoup plus grandes proportions qu'il n'en contient naturellement.

Il convient maintenant de rechercher si elles opèrent cette décomposition à l'air libre, qui n'en contient guères plus que $\frac{1}{500}$ partie de son volume. Le Citoyen Hassenfratz a cherché à établir, dans un Mémoire sur la nutrition des végétaux (*Annales de Chimie, vol.* 13), que les plantes qui croissent dans l'eau pure et à l'air libre, n'augmentent de volume que par le concours de l'eau seule, et qu'elles contiennent, après leur développement, une quantité absolue de carbone moindre que celle qui était dans leur semence. J'ai fait à ce sujet plusieurs expériences qui m'ont fourni des résultats opposés à ceux de cet auteur. J'en rapporterai deux exemples.

1.re *Expérience.* J'ai fait plonger les racines de plusieurs menthes poivrées (mentha piperita) dans des bouteilles pleines d'eau distillée, et j'ai fait végéter ces plantes au soleil, sur la tablette extérieure d'une fenêtre à l'abri de la pluie. En séchant quelques-unes de ces plantes arrachées au même temps, et dans le

même lieu, je me suis assuré (6) que 100 parties en poids de celles que je devais faire végéter dans l'eau distillée, contenaient 40,29 parties de matière végétale sèche, et qu'on en retirait par la carbonisation (7) 10,96 parties de charbon.

Les cent parties de menthe, après deux mois et demi de végétation à l'air libre, ont pesé vertes 216 parties; mais jusqu'à présent cette augmentation de poids n'apprend rien, puisqu'elle peut être due à l'addition de l'eau de végétation qui augmente toujours dans les plantes, lorsqu'elles sont transplantées dans un lieu plus humide que celui où elles croissaient antérieurement. Elles se sont réduites, par le dessèchement à la température de l'atmosphère, à un poids équivalent à 62 parties. Les plantes avaient donc augmenté, par le concours de l'air et de l'eau, leur matière végètale sèche, de 21,71 parties. Ces 62 parties ont fourni, par la carbonisation, 15,78 parties de charbon, ou 4,82 parties de plus qu'elles n'en auraient fourni avant d'avoir végété dans l'eau distillée. Lorsque j'ai fait végéter, dans

(6) Le poids absolu des plantes qui ont végété dans l'eau distillée était de 7,6 grammes (3 gros.)

(7) Voyez, pour le procédé suivi dans cette opération, la note insérée à la fin du Chapitre V.

des circonstances pareilles, les mêmes plantes dans un lieu faiblement éclairé, j'ai trouvé qu'elles avaient perdu une petite quantité de leur carbone. L'absence de la lumière est peut-être la cause des résultats qu'a obtenus M. Hassenfratz.

2.e *Expérience*. J'ai placé quatre graines de féves qui pesaient 6,368 grammes (120 grains) entre des cailloux de silex contenus dans des capsules de verre. Je les ai arrosées avec de l'eau distillée. Au bout de trois mois de végétation, en rase campagne, au soleil, les plantes de féves pesaient vertes, immédiatement après leur floraison, 87,149 grammes (1642 grains). Elle se sont réduites par la dessication à 10,721 grammes (202 grains); elles avaient donc presque doublé par la végétation à l'air libre, la quantité de leur matière végétale sèche. Ces plantes ont donné, par la carbonisation en vase clos, 2,703 grammes (51 grains) de charbon; or, quatre graines de féves du même poids que celles que j'avais mises en expérience, donnaient 1,209 grammes (22 $\frac{3}{4}$ grains) de charbon. Les féves avaient donc plus que doublé la quantité de carbone contenue dans leur élément en se développant à l'aide de l'eau, à l'air libre, et

l'on ne peut douter qu'elles n'aient produit cet effet par la décomposition du gaz acide carbonique qu'elles ont trouvé dans l'atmosphère; car, on a vu dans le paragraphe précédent que des plantes qui croissent sous des récipients pleins d'air atmosphérique pur et non renouvelé, n'y augmentent point leur carbone.

Remarques ultérieures sur la décomposition du gaz acide carbonique par les végétaux.

M. Ingenhoutz (8) a vu que les plantes vertes auxquelles il a communiqué, dans l'obscurité, une chaleur artificielle égale en apparence à celle que d'autres plantes semblables recevaient au soleil, fournissaient un air impur, tandis que celles qui étaient exposées au soleil produisaient un effet contraire. Il en a conclu que la production du gaz oxygène dans ce dernier cas devait être attribuée à la lumière seule, abstraitement considérée, et non pas à la chaleur qui l'accompagne. Mais cette conclusion peut être prématurée, parce que la chaleur qui accompagne la lumière, et la

(8) Exp. sur les végétaux, vol. 1, p. 36, et vol. 2, p. 167.

chaleur obscure, agissent d'une manière très-différente dans ces expériences.

La chaleur lumineuse ne réchauffe que le végétal en raison de son opacité; elle ne réchauffe presque point le milieu qui l'environne en raison de sa transparence : celui-ci enlève à la plante une partie de la chaleur que le soleil lui communique, et tempère un effet qui, considéré abstraitement, aurait pu la désorganiser.

La chaleur obscure réchauffe à un degré égal le fluide transparent et la plante ; celle-ci en souffre, parce qu'elle ne peut plus être délivrée par le milieu qui l'environne, de la chaleur qui lui a été communiquée.

Il est très-probable que les plantes décomposent dans l'air atmosphérique, sans l'intervention de la lumière, une partie du gaz acide carbonique qu'elles forment elles-mêmes avec le gaz oxygène environnant. Mais cet effet ne peut point être démontré directement. J'ai vu des plantes marécageuses, telles que le polygonum persicaria et le lythrum salicaria, répandre du gaz oxygène dans une atmosphère de gaz azote à une lumière faible et diffuse : elles n'ont jamais produit cet effet dans une

obscurité parfaite. On peut présumer cependant que les plantes y décomposent du gaz acide carbonique, d'après les observations suivantes. J'ai mis végéter dans une nuit profonde sous deux récipients égaux pleins d'air atmosphérique, des plantes de pois, des salicaires, des inules. J'ai renouvelé tous les jours ces plantes pour qu'elles ne souffrissent pas. Ces expériences étaient faites à double. L'un des récipients contenait de la chaux vive ou de la potasse, l'autre en était dépourvu. Au bout de quatre ou cinq jours, les deux atmosphères étaient viciées ; mais j'ai trouvé constamment que les récipients munis de chaux ou de potasse contenaient moins de gaz oxygène que ceux où l'alkali n'était pas, et l'on conçoit que c'est parce que ces plantes ont trouvé moins de gaz acide carbonique à décomposer dans les récipients où il n'y avait point de chaux ou d'alkali.

Un autre effet semble indiquer encore la décomposition du gaz acide carbonique dans l'obscurité, c'est la nuance légèrement verte que prennent les feuilles étiolées qui s'y développent : cette couleur est, suivant M. Senebier, un résultat de la décomposition du gaz acide. Mais comme ces indications sont très-faibles et très-indirectes, nous n'admettrons pas, en

général, dans la suite que la décomposition du gaz acide carbonique puisse avoir lieu ailleurs qu'à la lumière.

M. Senebier a reconnu que les parties qui ne sont point vertes, telles que le bois, les racines, la plupart des pétales, les panachures blanches des feuilles, et les feuilles qui sont devenues totalement rouges ou jaunes en automne par l'altération de leurs sucs, n'exhalaient pas de gaz oxygène. Il ne faut cependant pas en inférer que la couleur verte soit un caractère essentiel aux parties qui décomposent le gaz acide carbonique, ni un résultat nécessaire de cette décomposition; car la variété de l'atriplex hortensis, où toutes les parties vertes sont remplacées par des parties rouges ou d'un pourpre foncé, m'a fourni sous l'eau de source, dans l'espace de cinq ou six heures, sept ou huit fois son volume de gaz oxygène, qui ne contenait que 0,15 de son volume de gaz azote. La variété de la même plante, qui a les feuilles vertes, ne m'a pas fourni du gaz oxygène qui fût plus pur et plus abondant.

Toutes les espèces de feuilles n'ont pas au même degré la propriété de décomposer le

gaz acide carbonique. Le lythrum salicaria a pu, dans plusieurs expériences, en décomposer dans un jour jusqu'à sept ou huit fois son volume. La cactus opuntia, et d'autres plantes grasses, n'ont pu en décomposer que la cinquième ou la dixième partie de cette quantité. Sans vouloir assigner toutes les causes de ces différences, je remarquerai que les parties vertes décomposent le gaz acide en raison de leur surface, mais presque point en raison de leur volume. Les feuilles très-minces, celles qui sont laciniées et qui ne présentent que des fils, sont celles qui, dans des circonstances égales, décomposent le plus de gaz acide. Les plantes charnues, les tiges, les fruits qui offrent peu de surface, en décomposent, sous le même volume, beaucoup moins.

Les feuilles, en exhalant du gaz oxygène, laissent toujours dégager du gaz azote : elles ne produisent ce dernier en quantité notable qu'à la lumière, et presqu'en proportion du gaz acide qu'elles décomposent. Les feuilles qui peuvent supporter le plus longtemps sans souffrir une atmosphère très-humide, sont celles qui produisent le gaz oxygène le plus pur ; les plantes marécageuses sont de ce nom-

bre. Quelque soit le végétal qu'on destine à ces épreuves contre nature, le gaz oxygène produit au commencement de l'expérience est toujours moins vicié que sur la fin. Ces observations indiquent que le gaz azote provient de la substance même de la plante. Je serais porté à croire que ce gaz, qui a de l'affinité pour le gaz oxygène pur, est enlevé dans l'intérieur de la feuille par le gaz oxygène en d'autant plus grande quantité que la végétation est plus languissante. On conçoit pourquoi les feuilles développent beaucoup moins de gaz azote dans l'air atmosphérique auquel on n'a point ajouté de gaz acide carbonique, c'est parce qu'elles y sont beaucoup moins en contact avec le gaz oxygène pur; celui que l'air atmosphérique contient, est saturé par le gaz azote qui s'y trouve naturellement.

R é s u m é.

Le gaz acide carbonique ajouté, dans certaines proportions, à l'air atmosphérique, favorise la végétation, mais seulement autant qu'elle peut opérer la décomposition de ce gaz acide. Il nuit à la germination dans les mêmes proportions où il est utile aux plantes développées : il favorise, au soleil, la végétation

de ces dernières; il leur devient nuisible dans l'obscurité.

La présence ou plutôt l'élaboration du gaz acide carbonique est indispensable à la végétation des parties vertes au soleil ; elles meurent lorsqu'on leur enlève à cette exposition le gaz acide qu'elles forment avec le gaz oxygène environnant.

Les plantes vertes qui végétent à l'aide de l'eau distillée dans l'air atmosphérique libre, y acquièrent une grande quantité de carbone.

Les plantes, en décomposant le gaz acide carbonique, s'assimilent une partie de l'oxygène contenu dans le gaz acide.

CHAPITRE TROISIÈME.

Influence du Gaz oxygène sur les plantes développées.

§. I.er

Des modifications qu'éprouve le gaz oxygène par son contact avec les feuilles.

Lorsque je traiterai dans le chap. VI, de la végétation des plantes vertes, dans des milieux qu'on a préliminairement dépouillé de gaz oxygène ; je montrerai qu'elles ne s'y développent que parce qu'elles y répandent ce gaz. Les résultats chimiques de son action sur les parties vertes herbacées, font maintenant l'objet de mes recherches.

Des feuilles saines, cueillies après un jour serein d'été, et placées pendant une seule nuit sous un récipient plein d'air atmosphérique, font subir au gaz oxygène qui les envi-

ronne, des modifications différentes en apparence, suivant la nature du végétal.

1.° Les feuilles du chêne (quercus robur), du maronnier d'Inde, du faux acacia, du sédum reflexum et de la plupart des végétaux, diminuent le volume de leur atmosphère. Son gaz oxygène disparaît, et il se forme un volume de gaz acide carbonique libre, inférieur au volume du gaz oxygène consumé pendant l'expérience.

2.° Les feuilles ou les parties vertes du cactus opuntia, de la crassula cotyledon, du sempervivum tectorum, de l'agavé americana, de la stapelia variegata, diminuent le volume de leur atmosphère en absorbant du gaz oxygène, sans qu'il se forme sensiblement de gaz acide carbonique. Dans ce cas comme dans le précédent, on peut supposer au premier aperçu, que la diminution du volume de l'atmosphère, est due à l'assimilation du gaz oxygène au végétal.

Pour pouvoir toujours observer une condensation dans l'air qui environne les feuilles à l'obscurité, il faut qu'elles soient parfaitement saines, et qu'elles déplacent un espace compris entre la 7.e et la 20.e partie du volume d'air où elles sont enfermées; si elles occupaient un moindre espace, les effets ne se-

raient quelquefois point sensibles ; si elles en occupaient un plus grand, elles se trouveraient dans un milieu trop dépourvu de gaz oxygène pour qu'elles n'en souffrissent pas. Il faut de plus qu'elles soient mises en expérience immédiatement après avoir été cueillies au coucher du soleil, et qu'elles ne séjournent pas plus de douze heures sous le récipient : comme dans toutes ces épreuves mes plantes ne se sont point flétries, je ne puis pas admettre que leur altération ait influé sur mes résultats. Je ne dois pas le supposer, surtout dans le cas où il ne s'est point formé de gaz acide carbonique ; car toutes les feuilles qui se flétrissent, en produisent une certaine quantité.

On peut mettre en question, si le gaz oxygène que les feuilles saines absorbent pendant la nuit, s'assimile effectivement à elles pour augmenter leur substance végétale, considérée dans l'état sec ; car on verra qu'en exposant au soleil celles qui ont absordé ce gaz, elles en restituent une quantité à-peu-près égale : on verra que lorsqu'elles ont une force de végétation assez grande pour rester saines pendant plusieurs jours de suite sous le même récipient, elles diminuent leur atmosphère pendant chaque nuit, et l'augmentent pendant chaque jour à-peu-près en même raison.

Je donne à ces effets alternatifs, les noms d'expiration et d'inspiration : ces expressions sont peut-être impropres, parce qu'elles annoncent dans les organes des végétaux, une contraction et une dilatation que l'observation n'a point pu encore constater. Je n'admets ces dénominations, que parce que l'imbibition et l'émission gazeuse des végétaux, produit en dernière analyse, des résultats analogues sous certains rapports, à ceux de la respiration chez les animaux ; quoique les apparences et les moyens soient très-différents. Lorsqu'on examine en anatomiste les végétaux et les animaux, on s'égare dans leur comparaison ; mais lorsqu'on ne considère que leurs grands traits physiologiques, tels que la nutrition, les sécrétions, la reproduction, l'influence du gaz oxygène ou de la respiration sur leur existence, sans avoir égard aux moyens par lesquels ces fonctions s'exécutent, on est forcé d'admettre entre ces êtres une frappante analogie.

Dans les sujets qui ne sont pas susceptibles d'une démonstration rigoureuse, les exposés exacts des observations sont plus instructifs que des conclusions générales, souvent subordonnées à la manière de voir de l'observateur. Je détaillerai par cette raison, mes expériences

sur le cactus opuntia. Leurs résultats peuvent s'appliquer avec des modifications légères et faciles à concevoir, aux feuilles des autres plantes, et même à toutes les parties vertes herbacées. Mais elles n'ont pas toutes une assez grande force de végétation pour résister aux mêmes épreuves.

§. II.

A. *Inspiration du cactus opuntia.*

J'ai suspendu après le coucher du soleil, des rameaux ou des feuilles de cactus, déplaçant 119 centimètres cubes (6 pouces cubes), dans un récipient qui contenait 951 centimètres cubes (48 pouces cubes) d'air atmosphérique dépouillé de son gaz acide carbonique. Il n'y avait point d'eau (1) dans ce vase, qui était fermé par du mercure.

---

(1) Je donnerai ici un exemple de la prodigieuse force de végétation de cette plante. Un rameau de cactus qui avait servi pendant trois semaines à des épreuves analogues à celles que je viens de rapporter, soit au soleil, soit à l'ombre, a été placé à l'obscurité, sans eau et sans terre, pendant 14 mois, dans une armoire; il y a subi pendant l'hiver un froid de 8 degrés au-dessous du o de Réaumur, et pendant l'été, une chaleur de + 22 degrés : au bout de ce terme, il s'est trouvé ridé et

Le lendemain au lever du soleil, j'ai trouvé après les corrections relatives aux changements de température et de pression, que l'atmosphère de la plante avait diminué de 79 centimètres cubes (4 pouces cubes); j'ai examiné alors cet air, il ne contenait que $\frac{14}{100}$ de gaz oxygène; tandis qu'avant l'introduction du cactus, il contenait $\frac{21}{100}$ du même gaz: l'eau de chaux n'a pas démontré dans l'air restant un atôme de gaz acide carbonique. Je diraï même plus, c'est que lorsque j'ai placé sous ce récipient, pendant une nuit, à côté du cactus, de l'eau de chaux, il ne s'y est point formé de carbonate de chaux. Il résulte des observations endiométriques énoncées ci-dessus, que l'atmosphère du végétal contenait à très-peu près,

avant l'inspirat.	198 cent. cub.	(10 pouc. cub.)	gaz oxygène.
après l'inspirat.	119..........	(6..........)	....
Inspiration...	79..........	(4..........)	....

aminci par la perte de la moitié de son eau de végétation, mais il poussait des tiges et des racines sur toute la surface; aucune de ses parties n'avait perdu sa force végétative. En sortant de là, il a produit, sous l'eau distillée au soleil, le tiers de son volume d'un air qui contenait $\frac{34}{100}$ de gaz oxygène et $\frac{66}{100}$ de gaz azote; et lorsque je l'ai planté dans la terre végétale, toute son ancienne substance s'est gonflée, a repris ses premières dimentions, et a continué à pousser de nouveaux jets.

La diminution du volume de l'atmosphère pendant la nuit, a donc été précisément égale à la diminution du gaz oxygène. La plante n'a donc point absorbé sensiblement de gaz azote, mais seulement une quantité de gaz oxygène égale aux trois quarts de son volume. Tous les cactus ne font pas des inspirations aussi grandes, elles ne montent souvent dans une nuit, qu'à la moitié du volume du végétal. Ces différences ne tiennent pas seulement à l'état de la plante qui absorbe davantage quand elle est plus vigoureuse, mais encore à la température où se fait l'expérience. L'inspiration est plus grande dans un temps donné à la température de 20 ou 25 degrés de Réaumur, qu'à celle de 10 ou 15 degrés.

Si l'on prolonge au-delà de l'espace d'une nuit le séjour de ces plantes à l'obscurité, elles continuent, mais toujours plus lentement, à absorber du gaz oxygène jusqu'à ce qu'elles en contiennent environ une fois et un quart leur propre volume. Après ce terme, qui arrive au bout de 36 ou 40 heures, elles ne diminuent ni n'augmentent le volume de leur atmosphère tant qu'il y reste du gaz oxygène libre, quelque soit la capacité du récipient et la durée de l'expérience, lors même qu'on la prolonge pendant un mois ou jusqu'à la mort de la plante.

B. Les feuilles saturées de gaz oxygène forment du gaz acide carbonique à l'obscurité.

Le cactus saturé de gaz oxygène par l'inspiration, n'est cependant pas sans action sur celui qui l'environne, il commence, lorsqu'il est sur le point de n'en pouvoir plus absorber, à former, sans subir la moindre altération, du gaz acide carbonique libre avec son propre carbone et le gaz oxygène ambiant : combinaison qui, comme je l'ai fait observer plusieurs fois, ne change pas le volume de l'atmosphère. Il est à remarquer que les feuilles ainsi saturées, consument, dans un temps donné par la formation du gaz acide, environ la moitié moins de gaz oxygène qu'elle n'en consumaient par l'inspiration.

La plupart des feuilles et en particulier celles qui ne sont pas grasses, forment du gaz acide carbonique libre, en même temps qu'elles inspirent du gaz oxygène. Elles font, le plus souvent, des inspirations moindres, mais jamais plus grandes que le cactus.

C. Le cactus qui a inspiré du gaz oxygène, ne peut pas l'expirer par l'effet du vide de la pompe pneumatique.

Le gaz oxygène inspiré par le cactus, ou par toute autre feuille, y est retenu par une

attraction trop puissante pour que la suppression du poids de l'atmosphère puisse le dégager sensiblement (2); six pouces cubes de cactus, qui avaient inspiré dans une nuit quatre pouces cubes de gaz oxygène, n'ont pu expirer à l'obscurité, sous une petite quantité d'eau dans le vide, qu'un pouce cube d'air, qui contenait $\frac{15}{100}$ de gaz oxygène, et $\frac{85}{100}$ de gaz azote, et point ou $\frac{1}{100}$ de gaz acide carbonique. Avant l'inspiration, cette plante avait fourni, la veille, par ce procédé, la même quantité d'air, mais il était composé de $\frac{19}{100}$ de gaz oxygène, et de $\frac{81}{100}$ de gaz azote.

La petite différence de pureté qu'on observe entre ces deux airs extraits avant et après l'inspiration, tient à ce que l'air contenu dans les feuilles est toujours en rapport avec le degré de pureté de l'atmosphère qui les environne. Comme l'air du vase où la plante avait séjourné à l'obscurité, était vicié par l'inspiration, il l'était aussi dans la plante. Il est très-probable qu'on n'obtient guère par la pompe

(2) J'ai retiré par ce procédé, des fruits verts, tels que des poires et des pommes, même avant leur maturité, un air qui contenait une très-grande quantité de gaz acide; mais les feuilles ne m'en ont jamais fourni une quantité notable, à moins qu'elles n'eussent séjourné dans des milieux dépourvus de gaz oxygène.

pneumatique, que l'air libre contenu dans les végétaux; je l'ai toujours trouvé à toutes les heures, et à toutes les expositions, moins pur que l'air atmosphérique, dans les plantes qui végètent à l'air libre. Lorsque le cactus est complètement saturé de gaz oxygène, on en extrait, par l'effet du vide, un air qui contient deux ou trois centièmes de gaz acide, qui n'équivalent pas à la 50.e partie du gaz oxygène que la plante a inspiré.

Une chaleur obscure assez modérée pour ne pas détruire le végétal, n'a pas eu plus d'influence que le vide pour dégager le gaz inspiré. Six pouces cubes de cactus, qui avaient absorbé quatre pouces cubes de gaz oxygène à la température de 15 degrés de Réaumur, n'ont pu expirer aucun gaz à l'obscurité, sous des récipients pleins d'air atmosphérique, échauffé soit au 30.e, soit au 35.e degré. Ils n'ont fait, dans ces deux cas, que combiner leur carbone avec le gaz oxygène environnant, sans changer le volume de leur atmosphère. Ils ont jauni au 40.e degré, et les résultats sont devenus alors insignifiants. Lorsque j'ai placé à l'ombre des feuilles saturées de gaz oxygène sous de l'eau échauffée aux températures précédentes, elles ont laissé dégager une quantité d'air égale à la sixième partie de leur volume;

cet air contenait $\frac{89}{100}$ de gaz azote, et $\frac{11}{100}$ de gaz acide carbonique.

D. Les feuilles ne font aucune inspiration sensible dans des milieux aériformes dépourvus de gaz oxygène libre.

Le cactus (ou toute autre feuille) cueilli au coucher du soleil, et placé, pendant une nuit, soit dans du gaz azote, soit dans du gaz hydrogène, soit dans du gaz acide carbonique pur, ne diminue point le volume de son atmosphère : il le dilate, au contraire, en y ajoutant du gaz acide carbonique; cette addition, d'autant moindre que la plante est plus vigoureuse, équivaut ordinairement, pendant une nuit, au tiers ou au quart du volume du cactus. Il n'est pas douteux cependant que ces atmosphères ne pénétrent en très-petite quantité dans l'intérieur du végétal; car, lorsque j'ai soumis à l'action de la pompe pneumatique les cactus qui ont passé la nuit dans le gaz hydrogène pur, ils ont fourni une quantité de fluide aériforme égale au sixième de leur volume : cet air était composé de 40 parties de gaz hydrogène, de 40 parties de gaz azote, et de 20 parties de gaz acide carbonique.

Le cactus cueilli au coucher du soleil, et

placé, pendant une nuit, dans du gaz hydrogène, n'y fait, comme je viens de le dire, aucune inspiration sensible; mais lorsqu'on le sort de cette atmosphère pour le placer à l'obscurité dans un récipient plein d'air commun, il y inspire une fois son volume de gaz oxygène, ou à très-peu près la même quantité que s'il n'eût pas séjourné dans le gaz hydrogène.

Lorsqu'on substitue dans cette expérience le gaz acide carbonique au gaz hydrogène, la plante commence, dès qu'on la place à l'obscurité dans un récipient plein d'air commun, par dilater son atmosphère, en y répandant une petite quantité de gaz acide carbonique, équivalente environ à la sixième partie de son volume; elle fait ensuite une inspiration de gaz oxygène égale à peu près à l'émission précédente. Après ce dernier effet, le cactus ne change plus le volume de son atmosphère, il la modifie seulement en combinant son carbone avec le gaz oxygène environnant. Cette plante peut séjourner deux ou trois jours sans périr dans du gaz acide carbonique pur.

E. Le cactus inspire le gaz acide carbonique en même raison que le gaz oxygène, lorsque le premier y est mêlé en petite quantité.

Les expériences que j'ai rapportées en A, sur l'inspiration du gaz oxygène, ont été faites dans un air qui avait été préliminairement dépouillé de gaz acide carbonique, et l'on pourrait demander si le dernier n'est point absorbé par les feuilles dans l'air atmosphérique naturel préférablement au gaz oxygène. J'ai en conséquence placé un cactus sous un récipient plein d'air commun, auquel j'avais ajouté du gaz acide carbonique, et j'ai trouvé que ce dernier et le gaz oxygène avaient été absorbés en même raison. L'inspiration seulement a été plus prompte que s'il n'y eût pas eu de gaz acide. Voici le détail d'une de ces expériences; 153,6 centimètres cubes (7 $\frac{3}{4}$ pouces cubes) de cactus, ont été placés après midi dans 43 $\frac{1}{2}$ pouces cubes d'air confiné par du mercure; cet air, que je suppose égal à 100 parties, contenait 74 parties de gaz azote, 19 de gaz oxygène, et 7 de gaz acide carbonique. Après douze heures de séjour à l'obscurité, le volume d'air était réduit à 81 parties. Les feuilles avaient donc fait une inspiration

égale à environ une fois et $\frac{1}{4}$ leur volume. J'ai trouvé par l'analyse de l'air restant qu'elles avaient inspiré 13 $\frac{1}{2}$ parties de gaz oxygène et 5 $\frac{1}{2}$ parties de gaz acide. Elles avaient donc inspiré les deux gaz en même raison, ou les $\frac{3}{4}$ de l'un et de l'autre. Après cette inspiration elles étaient saturées; elles n'ont pu continuer à diminuer leur atmosphère par une obscurité prolongée.

F. Le cactus ne paraît jamais saturé de gaz oxygène, après avoir séjourné à l'obscurité pendant plusieurs jours, ou un temps indéfini à l'air atmosphérique libre.

J'ai dit A et D, que le cactus placé à l'obscurité dans de l'air atmosphérique, sous un récipient fermé par du mercure, absorbe dans l'espace de 30 ou 40 heures, une fois et un quart son volume de gaz oxygène, et qu'après ce terme il ne diminue plus le volume de son atmosphère, quelle que fût la durée de l'expérience. On devrait croire, d'après cette observation, qu'un cactus cueilli en même temps que le précédent, et exposé à l'obscurité à l'air libre ou hors d'un récipient pendant plusieurs jours, ne diminuerait point son atmosphère, lorsqu'on viendrait à le placer sans eau à l'obscurité sous un récipient plein d'air atmosphérique. Mais

dans ces circonstances, la plante fait une inspiration égale au quart de son volume dans l'espace de 24 heures : elle se trouve alors saturée, et elle n'inspire plus rien. Si on sort le cactus de son confinement pour l'exposer à l'air libre à l'obscurité, et pour le replacer encore à l'obscurité sous le récipient, il y fait une inspiration égale à la précédente. En réitérant plusieurs fois les mêmes épreuves, j'ai pu, dans l'espace de 15 jours, faire absorber à la même feuille, par une obscurité continue, plusieurs fois son volume ou une quantité indéfinie de gaz oxygène. Je donnerai dans la suite l'explication de ce phénomène, qui est commun à tous les végétaux, ou du moins à toutes leurs parties succulentes.

G. Le cactus désorganisé ne fait aucune inspiration sensible dans l'air atmosphérique:

Six pouces cubes de cactus cueilli au coucher du soleil, ont été coupés par morceaux, et réduits promptement en pâte par la trituration; ils ont été placés immédiatement après, pendant une nuit, sous un récipient plein d'air atmosphérique fermé par du mercure. Ils n'ont pas changé le volume de leur atmosphère; ils n'ont point absorbé de gaz oxygène; mais ils

ont combiné leur carbone avec ce gaz, en formant de gaz acide carbonique, et le suc de la plante s'est coagulé. La quantité du gaz oxygène, consumée dans cette expérience par la formation du gaz acide, a été beaucoup moindre (3) que celle qui aurait disparu par l'inspiration ; car le cactus sain aurait consumé, dans des circonstances d'ailleurs égales, au moins 3 ou 4 pouces de gaz oxygène, tandis que le cactus désorganisé n'en a fait disparaître que le quart de cette quantité dans la formation du gaz acide.

Le cactus réduit en pâte et placé immédiatement après, soit dans du gaz azote pur, soit dans du gaz hydrogène, s'y comporte comme le cactus organisé ; il dilate ces gaz en y répandant du gaz acide carbonique : à des époques postérieures, il y ajoute du gaz hydrogène et du gaz azote.

---

(3) Cette assertion n'est vraie que dans les premières époques de la mort de la plante; lorsqu'elle se putréfie, elle consume beaucoup plus de gaz oxygène que par l'inspiration.

H. Conséquences des observations précédentes : le gaz oxygène inspiré par les feuilles à l'obscurité, est converti en gaz acide carbonique.

Il est très-probable que le gaz oxygène, absorbé par le cactus et par les feuilles, en général, est retenu dans leur parenchyme sous la modification de gaz acide carbonique. Quoique cette opinion n'ait pas été démontrée par des expériences directes, on doit l'admettre, parce qu'elle paraît être la seule qui puisse expliquer les principaux effets que nous venons d'observer.

La faculté qu'ont les feuilles d'expirer et d'inspirer du gaz oxygène, paraît subordonnée à celle qu'elles ont de décomposer le gaz acide carbonique. Les parties vertes des végétaux qui sont, en général, les seules qui opèrent cette décomposition, sont aussi, comme on le verra dans la suite, les seules qui fassent, par l'action du soleil et de la nuit, des inspirations et des expirations successives. Ces deux fonctions paroissent être alternativement cause et effet l'une de l'autre, comme la chûte d'un pendule dans ses oscillations, semble être la cause de son ascension, et cette ascension la cause d'une nouvelle chûte.

Lorsqu'une feuille se trouve dans l'obscu-

rité immédiatement après avoir été exposée au soleil, elle ne contient point de gaz acide carbonique, parce qu'il a été décomposé à la lumière. L'air la traverse librement comme nous avons vu que le faisait le gaz hydrogène (D): le gaz oxygène atmosphérique est saisi au passage par le carbone de la plante, et il forme du gaz acide carbonique, qui perd son état élastique et son volume par son union avec l'eau de végétation. Il éprouve par l'organisation végétale, une compression qui a ses limites, puisque les plantes qui l'absorbent le plus ne peuvent en recevoir au-delà d'une fois et un quart leur volume. L'action du gaz oxygène ne change donc qu'en apparence avant et après la saturation de la feuille ; il paraît être absorbé, tant qu'elle peut avant la saturation (A) condenser ou absorber le gaz acide carbonique produit par ce gaz oxygène, et il forme du gaz acide carbonique libre après la saturation (B), parce que la feuille etant saturée, ne peut plus admettre de gaz acide.

Mais pourquoi les feuilles ne sont-elles jamais saturées de gaz acide carbonique, lorsqu'elles ont séjourné à l'obscurité pendant un temps illimité à l'air atmosphérique libre (F)? Pourquoi leur exposition alternative sous un récipient et à l'air libre, leur fait-elle absorber

plusieurs fois leur volume, ou une quantité indéfinie de gaz acide carbonique dans une obscurité continue? Je répondrai que ce dernier effet n'est qu'une illusion, produite par l'attraction qu'exerce l'air atmosphérique libre sur le gaz acide carbonique contenu dans les feuilles. L'air atmosphérique a une véritable affinité chimique pour le gaz acide carbonique, et des limites de saturation comme la plupart des combinaisons. Il n'est peut-être pas superflu d'en rappeler ici les preuves.

Lorsqu'on met de l'eau pure sous un récipient plein de gaz acide carbonique, cette eau s'en sature, et elle n'en prend ni plus ni moins que son propre volume. Cette eau saturée et renfermée dans des flacons avec différentes quantités d'air atmosphérique, se dépouille de son gaz en raison de la quantité d'air contenue dans chaque flacon, et l'air se dilate en raison de la quantité du gaz acide qu'il enlève à l'eau. S'il s'agit de détruire cette combinaison aériforme, les substances qu'on emploiera à cet effet emporteront plus ou moins de gaz acide, suivant leur degré d'affinité pour lui; l'eau de chaux en emportera plus que l'eau distillée, et la potasse plus que l'eau de chaux. Ces effets et leurs causes ont été indiqués par le C. Berthollet, dans son beau mémoire sur les

affinités. (Mémoire de l'Institut National, sciences et arts, vol. 3.)

L'air atmosphérique pur n'étant point en équilibre de saturation avec une feuille saturée, ou qui contient une foit et $\frac{1}{4}$ son volume de gaz acide, lui en enlève seulement une petite quantité. Ainsi l'on voit, dès qu'on met un cactus saturé de gaz oxygène ou de gaz acide sous un nouveau récipient plein d'air atmosphérique pur, que celui-ci subit au moment même une augmentation de volume (D), due à une émission de gaz acide qui le sature. Après cette émission, la plante forme avec le gaz oxygène ambiant du nouveau gaz acide qu'elle peut inspirer, parce que l'air atmosphérique saturé ne met plus aucun obstacle à la saturation de la feuille. Lorsqu'on la sort de son confinement, l'air atmosphérique libre, lui enlève la partie de gaz acide qu'elle vient d'acquérir, et la met de nouveau en état d'absorber, sous un récipient, celle qu'elle a perdu à l'air libre. Elle n'accumule donc point de gaz acide, de carbonique ougaz oxygène dans cette expérience (4).

---

(4) L'affinité que j'ai supposée entre l'air atmosphérique et le gaz acide, est contestée par M. Dalton; mais tenons-nous-en à l'expérience, et remarquons que quand

On ne peut point comparer les phénomènes produits à l'obscurité par une plante qui jouit de toutes ses qualités végétatives dans l'air atmosphérique, avec ceux qu'elle présente en séjournant dans des milieux dépourvus de gaz oxygène (D).

La végétation dans ce dernier cas, reste suspendue ; tous les effets que la plante pouvait produire comme corps organisé, sont interrompus. Elle commence à se putréfier, à se décomposer, en fournissant de sa propre substance les deux éléments du gaz acide. L'eau de végétation inférieure au poids de la plante, ne s'imbibe alors de ce gaz qu'en très-petite quantité, parce qu'il n'y est pas retenu par la pression que la force végétative peut exercer sur lui. Nous n'avons aucune idée des limites de cette compression. Les expériences

---

on introduit 1 pouce cube d'eau dans un mélange composé de 90 pouces cub. d'air atmosphérique, et de 10 pouces cub. de gaz acide carbonique, ou de toute autre quantité, et que l'on retire cette eau pour l'exposer à l'air libre à l'obscurité, et pour la replacer dans le mélange, on dépouille presqu'entièrement, en réitérant plusieurs fois cette manœuvre avec la même eau, l'air atmosphérique des 10 pouces cubes qui y avaient été ajoutés; l'eau a produit donc ici précisément le même effet que le cactus: elle a paru avoir absorbé dix fois son volume de gaz acide, quoiqu'il soit démontré qu'elle n'en ait jamais accumulé la dixième partie de cette quantité.

de Hales prouvent qu'elle peut excéder le poids de notre atmosphère : c'est par cette raison que la pompe pneumatique n'a pas pu extraire le gaz acide que le cactus avait absorbé (C); c'est parce que cette compression n'existait plus que le cactus désorganisé n'a point inspiré sensiblement de gaz acide carbonique ou de gaz oxygène. La très-petite quantité de gaz acide requise dans ces circonstances pour saturer l'eau de végétation, avait été formée et absorbée dans l'acte de la trituration.

Il résulte en général de ces considérations, que les feuilles ne s'assimilent pas à l'obscurité, le gaz oxygène atmosphérique qu'elles absorbent, du moins en tant qu'elles ne décomposent pas le gaz acide carbonique qui est le résultat de cette absorption. Si cette décomposition existe dans ces circonstances, ce n'est que dans une proportion qui échappe à toutes les expériences directes. Ces conclusions seraient sans doute hasardées, si elles ne reposaient que sur les résultats que m'ont donnés le cactus, mais je les ai confirmées sur plus de 60 autres plantes d'espèces très-différentes. Plusieurs d'entr'elles ont consumé dans le même temps plus de gaz oxygène, en laissant plus de gaz acide carbonique libre dans leur atmosphère; mais aucune n'a pu diminuer dans une obscu-

rité prolongée à l'infini, le volume de cette atmosphère, d'une quantité plus grande que le volume du végétal ; et le gaz oxygène qui a disparu s'est toujours trouvé, à cette petite différence près, en juste proportion avec celui qui est entré dans la composition du gaz acide carbonique produit.

§. III.

I. *Expiration du cactus dans l'air atmosphérique.*

Les 119 centimètres cubes (6 pouces cubes) de cactus qui avaient servi à l'expérience A, et qui avaient vicié et diminué leur atmosphère en inspirant, pendant une seule nuit, 79 centimètres cubes (4 pouces cubes) de gaz oxygène, ont été exposés à sec le matin au soleil dans un autre récipient, sans être en contact avec ses parois, ni avec le liquide qui le fermait. Cet air contenait 951 centimètres cubes (48 pouces cubes) d'air atmosphérique dépouillé de gaz acide carbonique. Le soir, cette atmosphère s'est trouvée augmentée de 87 centimètres cubes (4,4 pouces cubes), elle ne contenait point de gaz acide. L'eudiomètre y a indiqué 27 $\frac{1}{4}$ centièmes de gaz oxygène; tandis qu'avant l'introduction des plantes,

il n'en indiquait que $\frac{21}{100}$. Il résulte de ces observations, que l'air du récipient contenait,

Avant l'inspiration,

200 centimètres cub. (10,1 pouces cubes) de gaz oxygène + 751 centimètres cub. (37,9 pouces cubes) de gaz azote.

Après l'expiration,

283 centimètres cub. (14,28 pouces cubes) de gaz oxygène + 755 centimètres cub. (38,1 pouces cubes) de gaz azote.

Différence, ou expiration,

83 centimètres cub. (4,18 pouces cubes) de gaz oxygène + 4 centimètres cubes (0,2 pouce cube) de gaz azote.

J'ai placé ces mêmes feuilles la nuit suivante, dans une nouvelle atmosphère d'air commun; elles y ont inspiré 74 centimètres cubes (3 $\frac{3}{4}$ pouces cubes) de gaz oxygène, et elles ont expiré le lendemain au soleil 79 centimètres cubes (4 pouc. cub.) de gaz oxygène + 6 centim. cub. ($\frac{1}{3}$ de pouc. cub.) de gaz azote. En continuant ces épreuves pendant sept jours, les inspirations et les expirations de gaz oxygène, ont toujours été en diminuant, et les expirations de gaz azote toujours en augmentant. J'ai trouvé qu'en ajoutant toutes les inspirations d'une part et toutes les expirations de l'autre, le même cactus avait inspiré pendant sept nuits 331 centimètres cubes (21 $\frac{3}{4}$ pouces cubes) de gaz oxygène, et qu'il avait expiré au soleil pendant les sept jours intermédiaires 584 centimètres cubes (29 $\frac{1}{2}$ pouces cubes) d'air

composé de 23 $\frac{1}{4}$ pouces cubes de gaz oxygène, et de 6 $\frac{1}{4}$ pouces cubes de gaz azote. La dernière expiration contenait plus que moitié de ce dernier gaz, tandis que la 1.re n'en fournissait que la 16.e de son volume.

Les émissions de gaz oxygène pur l'ont emporté un peu dans cette expérience sur les expirations, mais la différence est trop petite ou trop inférieure au volume de la plante, pour qu'on en puisse rien conclure sur la décomposition de l'eau (5).

K. Expiration du cactus sous l'eau distillée et dans le gaz azote.

J'ai varié les expériences sur l'expiration en submergeant, pendant le jour, sous un récipient rempli d'eau distillée, le cactus qui avait passé la nuit à sec dans un récipient plein d'air commun dépouillé de gaz acide carbonique; les résultats généraux ont été les mê-

---

(5) Je rapporterai d'autres résultats à ce sujet, dans le Chapitre VII. Les expériences seront beaucoup plus prolongées; les plantes seront alimentées dans l'air atmosphérique par une petite quantité d'eau; elles ne s'épuiseront pas par l'absence de cet aliment, et ne seront pas tourmentées par des transvasements multipliés.

mes que dans l'expérience antérieure. Seulement dans le cas dont je m'occupe ici, la plante étant sous l'eau moins réchauffée que dans l'air, et se trouvant d'ailleurs dans un milieu qui ne lui était pas approprié, faisait toutes ses fonctions plus lentement; elle n'avait pas le temps de décomposer pendant une journée de soleil tout le gaz acide qu'elle avait formé pendant la nuit : ses expirations étaient outre cela, viciées par une quantité considérable de gaz azote, tandis que les premières expirations dans l'air commun, étaient du gaz oxygène presque pur, et ne se trouvaient, sous ce rapport, jamais moindres que les inspirations. Six pouces cubes de cactus ont absorbé, pendant sept nuits, 17 pouces cubes de gaz oxygène, et ils ont inspiré dans l'eau sous forme de bulles 19 pouces cubes d'air qui, ayant été analysé par l'hydrosulfure de potasse, s'est trouvé composé de 13,3 pouc. cub. de gaz oxygène, et de 5,7 pouc. cub. de gaz azote. La première expiration contenait $\frac{80}{100}$ de gaz oxygène et $\frac{20}{100}$ de gaz azote. La septième expiration était composée de $\frac{39}{100}$ de gaz oxygène, et de $\frac{61}{100}$ de gaz azote. On ne peut s'empêcher de voir que ce dernier gaz provient de la décomposition de la plante; elle ne le produit en quantité notable, que quand elle souffre, soit par la du-

rée de l'expérience, soit lorsqu'elle se trouve dans un milieu qui ne lui convient pas.

Le cactus qui passe la nuit dans l'air atmosphérique, et le jour dans le gaz azote au soleil, y fait des expirations plus grandes que sous l'eau, mais moins pures que dans l'air commun.

L. L'expiration est en raison de l'inspiration.

1.re *Preuve.* — Lorsqu'on a fait inspirer à des plantes de cactus tout le gaz oxygène qu'elles peuvent absorber, en les tenant pendant 36 ou 40 heures de suite dans l'obscurité sous un récipient plein d'air atmosphérique, et qu'on les expose ensuite au soleil, elles font alors, dans 7 ou 8 heures, une expiration beaucoup plus grande que lorsqu'elles n'ont passé qu'une seule nuit dans l'air commun. J'ai fait cette expérience plusieurs fois, et de manière à ne laisser aucun doute. J'en rapporterai ici un exemple : 6 pouces cubes de cactus ayant inspiré, pendant douze heures à l'obscurité, 4 pouces cubes de gaz oxygène, ont inspiré immédiatement après au soleil, dans l'espace de sept heures, 4,2 pouces cubes du même gaz. J'ai placé dès lors la même plante à l'obscurité sous un récipient, pendant

36 heures de suite, elle y a absorbé 7 ½ pouces cubes de gaz oxygène. Elle a été exposée en suite au soleil, et elle a exhalé, dans l'espace de sept heures, les 7 ½ pouces cubes qu'elle avait inspirés dans les 36 heures précédentes L'expiration est donc augmentée par la quantité de l'inspiration. Je crois ce résultat important, parce qu'il prouve que l'émission du gaz oxygène, qui est un effet de l'inspiration, ne doit point être confondue avec l'émission qu'on pourrait attribuer à la décomposition de l'eau.

2.e *Preuve.* — J'ai exposé au soleil, dans de l'air atmosphérique privé de gaz acide carbonique, des plantes de cactus cueillies la veille, et qui avaient passé la nuit, soit dans du gaz azote pur, soit dans du gaz hydrogène pur; elles ont exhalé dans l'air atmosphérique du gaz oxygène, mais environ la moitié moins de ce qu'elles en auraient produit, si elles eussent passé la nuit dans un récipient plein d'air commun. J'ai placé de nouveau ces plantes, pendant la nuit suivante, dans du gaz azote, et le jour d'après dans de l'air atmosphérique. Elles ont fourni la moitié moins de gaz oxygène que la veille; le troisième encore moins; le cinquième jour elles étaient mortes et en

putréfaction. La somme du gaz oxygène qu'elles ont pu fournir au soleil dans toute cette expérience, a été inférieure à leur volume. Le résultat a été le même quand la plante a été alimentée avec une petite quantité d'eau, et quand, après avoir passé la nuit dans le gaz azote, elle a été exposée au soleil sous l'eau. Le cactus ne peut donc fournir qu'une quantité très-limitée de gaz oxygène et inférieure à son volume, lorsqu'il passe la nuit dans un milieu privé de gaz oxygène, et le jour dans l'air atmosphérique.

J'ai obtenu des résultats très-différents en faisant l'épreuve inverse, c'est-à-dire, en plaçant le cactus, pendant la nuit, dans un récipient plein d'air atmosphérique, et pendant le jour, dans un autre récipient plein de gaz azote. J'ai pu continuer alors l'expérience, pendant quinze jours ou plus, sans qu'il se flétrît. La quantité de gaz oxygène que la plante a fourni, a excédé cinq ou six fois le volume de cette dernière; cette quantité était, pour ainsi dire, illimitée. Ces observations confirment l'énoncé de cet article : elles prouvent d'ailleurs que ce n'est que pendant la nuit que les feuilles requièrent éminemment le contact du gaz oxygène. On peut en tirer cette conséquence : c'est que, lorsque les plantes sont

appelées à séjourner dans un lieu faiblement éclairé, et où l'atmosphère est toujours plus ou moins viciée, comme dans certaines serres, elles doivent y être disposées de manière qu'elles reçoivent un air d'autant plus renouvelé que la place qu'elles occupent est plus obscure.

M. Action de la chaux vive ou de la potasse sur l'expiration du cactus.

La chaux vive ou la potasse, qui fait périr, en peu de jours, les feuilles minces qui végètent au soleil, lorsqu'elle est placée dans leur atmosphère, n'exerce pas cette action sur la végétation du cactus et des plantes grasses en général, parce que leur parenchyme très-épais et leur épiderme moins poreux, retiennent plus obstinément le gaz acide carbonique qu'elles ont formé. Lorsqu'on met de l'eau de chaux sous le récipient plein d'air atmosphérique où le cactus passe une seule nuit, il ne s'y forme point de carbonate de chaux. Mais il n'en est plus de même lorsqu'on place de l'eau de chaux en contact avec l'air où le cactus séjourne au soleil; elle s'y couvre de carbonate. Dans ce cas, et surtout lorsqu'on introduit sous le récipient de la chaux vive, sèche, éteinte à l'eau

ou une solution de potasse, l'expiration du gaz oxygène en est sensiblement diminuée : elle n'est jamais alors supérieure à l'inspiration.

N. Les résultats obtenus sur l'expiration du cactus, peuvent s'appliquer aux feuilles des autres plantes.

Les expériences sur l'expiration ne peuvent donner des résultats frappants et susceptibles d'un examen rigoureux, qu'avec des plantes vertes qui contiennent beaucoup de matière verte herbacée sous peu de volume, et qui ont une assez grande force de végétation pour pouvoir déplacer au soleil la 10.e ou la 20.e partie de la capacité d'un récipient, sans se froisser et sans toucher les parois du vase, alors assez chaudes pour désorganiser le végétal qui s'y appliquerait. Les plantes grasses sont presque les seules qui soient dans ce cas. Les feuilles minces sont si délicates, si dilatées, qu'elles ne peuvent guère végéter au soleil sous un récipient, que lorsque la plante à laquelle elles appartiennent, déplace la 400.e ou la 500.e partie de sa capacité. On peut démontrer cependant qu'elles sont soumises aux mêmes lois par la comparaison des deux expériences suivantes. 1.º Si l'on fait végéter,

pendant une quinzaine de jours, à l'action successive du soleil et de la nuit, une plante à feuilles minces, telle qu'une menthe, un épilobe, un lythrum salicaria, sous un récipient plein d'air commun, on trouvera, après l'époque assignée, que cette atmosphère n'a changé ni en pureté ni en volume. Ces plantes y occupent trop peu d'espace pour que les changements qu'elles doivent y produire, soient appréciables. Un cactus sous le même volume et dans des circonstances égales, n'aurait pas produit des effets plus saillants. 2.° Si l'on entretient la végétation des feuilles minces dans deux récipients, l'un destiné au séjour du végétal au soleil, et l'autre à son séjour à l'obscurité, on trouvera, après les transvasements successifs, qu'au bout de quinze jours, l'air de ce dernier a diminué en pureté et en volume, et que celui du premier s'est amélioré (6). Les effets contraires sont trop petits pour pouvoir être

(6) Cette épreuve a été faite par Ingenhoutz, avec des plantes de cresson (lepidium sativum.) *Expériences sur les Végétaux, vol. 2, p. 144.* Mais cet auteur n'a pas recherché la cause du résultat qu'il a obtenu : il annonce que l'amélioration est plus grande que la détérioration. J'ai répété cette expérience sur la même plante : la détérioration de l'air m'a paru plus grande que son amélioration. Mes moyens eudiométriques étaient plus exacts que les siens.

très-exactement comparés dans leurs quantités respectives, mais les résultats généraux ne peuvent être révoqués en doute, et l'on conçoit d'après la première expérience que l'amélioration obtenue dans la seconde, est due au gaz oxygène transporté par la plante de l'atmosphère à l'obscurité, dans l'atmosphère au soleil.

Les feuilles minces laissent toujours du gaz acide carbonique libre en quantité notable dans leur atmosphère à l'obscurité. Une partie de celui qu'elles contiennent leur est soustraite par l'air ambiant, en raison de leur grande surface, plus abondamment qu'aux plantes charnues.

§. IV.

Végétation dans le gaz oxygène pur.

Quoique toutes les plantes ne puissent se développer qu'à l'aide du gaz oxygène, elles prospèrent moins à l'ombre lorsqu'il leur sert seul d'atmosphère, que lorsqu'il est mêlé à une certaine quantité de gaz azote ou de gaz hydrogène. Ceux-ci ne paraissent avoir par eux-mêmes aucune influence sensible sur la végétation. La plupart des plantes ne se les assimilent point, lorsqu'ils sont isolés ou sous

l'état élastique. Mais ils peuvent être utiles au végétal, en diminuant ses points de contact avec le gaz oxygène.

Dans la plupart des expériences que j'ai faites sur des plantes de pois, *pisum sativum*, déja en partie développées, elle ont acquis *à l'ombre*, à l'aide de l'eau et de la nourriture fournie par leurs cotylédons, pendant l'espace de dix jours, la moitié moins de poids dans le gaz oxygène pur, que dans l'air commun confiné par des récipients; elles formaient dans le premier une beaucoup plus grande quantité de gaz acide carbonique, qui est toujours en lui-même nuisible à la végétation à l'ombre. L'excès du gaz oxygène pouvait d'ailleurs leur être contraire en leur enlevant trop de carbone.

Lorsqu'elles étaient exposées dans le gaz oxygène pur *à l'action directe des rayons solaires*, l'augmentation de poids qu'elles y acquéraient était à-peu-près la même que dans l'air commun, leurs tiges paraissaient seulement dans ce dernier plus longues et plus effilées. Mais la forme raccourcie que prennent les plantes dans le gaz oxygène, ne peut, avec certitude, être attribuée à la pureté de ce gaz, parce qu'il m'a paru que cet effet avait lieu dans une atmosphère artificielle, composée dans les mêmes proportions que l'air commun,

avec du gaz oxygène retiré du manganèse, et avec du gaz azote retiré des muscles de bœuf par l'acide nitrique : elle donnait par l'endiomètre les mêmes indications que notre atmosphère (7).

§. V.

Quantités relatives de gaz oxygène consumées à l'obscurité par différentes feuilles.

J'ai cherché à reconnaître si la quantité de gaz oxygène que différentes feuilles d'un volume égal consument, ou font disparaître à l'obscurité, soit par l'inspiration, soit par la formation du gaz acide carbonique libre, a des rapports avec les autres circonstances de leur végétation.

Les feuilles des plantes grasses consument

---

(7) Notre atmosphère contient-elle des substances qui échappent à l'endiomètre et qui favorisent l'accroissement des plantes? ou bien les gaz artificiels retiennent-ils quelqu'ingrédient des substances d'où ils ont été extraits, et qui s'oppose à cet alongement ? c'est ce que je ne déciderai point. Il est certain que le gaz azote bien lavé a une odeur animale, quand il a été extrait des muscles de bœuf; et une odeur sulfureuse, quand on l'obtient de l'air ordinaire par un hydrosulfure.

moins de gaz oxygène que la plupart des autres feuilles ; elles le retiennent plus obstinément, ou, en d'autres termes, elles laissent moins de gaz acide carbonique libre dans leur atmosphère : ces effets tiennent à ce qu'elles présentent beaucoup moins de points de contact à l'air ambiant, et à ce que leur surface est toutes choses d'ailleurs égales, criblée d'un beaucoup moins grand nombre de pores, comme les observations microscopiques le démontrent. Les plantes grasses qui végètent à l'action du soleil et de la nuit, doivent à la faculté de retenir presqu'en totalité le gaz acide qu'elles forment à l'obscurité, celle de ne perdre qu'une infiniment petite quantité de leur carbone, et par conséquent celle de supporter plus longtemps la disette de cet aliment, ou d'en requérir moins par les racines pour leur végétation. Ces plantes végètent naturellement sur du sable, de l'argile, ou sur un sol stérile ; comme elles ne consument que très-peu d'oxygène, elles peuvent croître dans une atmosphère raréfiée. Le grand nombre de sedum, de saxifrages, de sempervivum, qui habitent les montagnes, nous en fournissent des exemples.

Les feuilles des arbres qui se dépouillent en hiver, sont, en général (car il y a de fré-

quentes exceptions), celles qui perdent le plus de carbone, ou qui consument le plus de gaz oxygène. On peut remarquer que le règne des arbres finit sur les montagnes élevées, longtemps avant celui des herbes.

Les feuilles des arbres toujours verts consument moins de gaz oxygène que celles des arbres qui se dépouillent en hiver : les premiers peuvent croître sur un sol stérile, et dans une atmosphère raréfiée, tels sont les pins, le genièvre, le rhododendron.

Les plantes marécageuses végètent dans un milieu où elles sont privées du libre accès du gaz oxygène, par les vapeurs qui les environnent; l'expérience fait voir que, dans des circonstances égales, elles consument ce gaz en moindre quantité que la plupart des autres plantes à tige herbacée. On conçoit, d'après cela, pourquoi on retrouve souvent les plantes herbacées des montagnes dans les marais des plaines.

On voit, en général, que la quantité du gaz oxygène que les feuilles font disparaître, est en rapport avec la situation où elles se trouvent. Les feuilles qui végètent sur un sol ingrat, ou dans une atmosphère raréfiée, ou dans des lieux bas et humides, consument, dans des circonstances égales, moins de gaz

oxygène que celles qui ne végètent que sur un sol fertile avec l'accès abondant de l'air atmosphérique.

Je joints ici le tableau des observations d'où j'ai déduit ces résultats. Les expériences ont été faites dans des récipients alongés fermés par du mercure légèrement humecté à sa surface; ils contenaient 991 centimètres cubes (50 pouces cubes) d'air atmosphérique, et 20 centimètres cubes (1 pouce cube) de feuilles. Celles qui n'étaient pas charnues remplissaient sous ce volume presque toute la capacité du récipient. J'ai été obligé de les tenir en expérience pendant 24 heures à l'obscurité, parce que plusieurs d'entre elles n'auraient pas produit, dans un temps plus court, sous le volume qu'elles occupaient, des effets assez sensibles pour pouvoir être exactement mesurés. Je dois observer qu'elles ne se sont point flétries, ou qu'elles n'ont rien perdu de leur port et de leur fraîcheur dans ces expériences qui ont été faites toutes sous une température de 15 à 16 degrés du thermomètre de Réaumur.

Les nombres indiqués dans le tableau sont rapportés au volume de la feuille pris pour unité. Ainsi, quand je représente par le nombre 5,5 la quantité de gaz oxygène consumée par les feuilles du chêne, j'entends qu'elles ont

fait disparaître, dans 24 heures, cinq fois et demi leur volume de gaz oxygène, soit par la formation du gaz acide libre, soit par l'inspiration.

Dans aucune de ces épreuves les inspirations n'ont excédé sensiblement le volume des feuilles, et le plus souvent elles ont été moindres.

QUANTITÉS relatives de gaz oxygène consumé par différentes feuilles.

TABLE I.re

Feuilles des arbres et des arbrisseaux toujours verts.

NOMS DES FEUILLES.	ÉPOQUE de l'expérience.	GAZ OXYGÈNE consumé pend. 24 heur. à l'obscurité, et rapporté au volume de la feuille pris pour unité.
HOUX. *Ilex aquifolium.*	Septembre.	0,86.
BUIS. *Buxus semper virens*	Septembre.	1,46.
LAURIER-CERISE. *Prunus lauro cerasus*	Mai, nouvell. feuilles. Septembre.	3,2. 1,36.
LAURIER-THYM. *Viburnum tinus.*	Septembre.	2,23.
LIERRE. *Hedera helix.*	Septembre.	1.
PERVENCHE. *Vinca minor.*	Juin. Septembre.	1,5. 0,93.
SAPIN. *Pinus abies.*	Septembre.	3.
BUPLÈVRE. *Buplevrum fruticosum.*	Mai.	4.
SABINE. *Juniperus sabina.*	Juin.	2,6.
GENIÈVRE. *Juniperus communis*	Juin.	2,4.

TABLE II.[e]

Feuilles des arbres et des arbrisseaux qui se dépouillent en hiver.

NOMS DES FEUILLES.	ÉPOQUE de l'expérience.	GAZ OXYGÈNE consumé pend. 24 heur. à l'obscurité, et rapporté au volume de la feuille pris pour unité.
HÊTRE. *Fagus sylvatica.*	Août.	8.
CHARME. *Carpinus betulus.*	Mai. Septembre.	5. 6.
CHÊNE. *Quercus robur.*	Mai. Septembre.	5,5. 5,5.
MARONNIER. *Æsculus hypocastanum*	Septembre.	4,8.
PEUPLIER. *Populus alba.*	Mai. Septembre.	6,2. 4,36.
ABRICOTIER. *Prunus armeniaca.*	Septembre.	8.
PÊCHER. *Amygdalus persica.*	Juin. Septembre.	6,6. 4,2.
NOYER. *Juglans regia.*	Mai. Septembre.	6,6. 4,4.
PLATANE. *Platanus occidentalis.*	Septembre.	3.
ACACIA. *Robinia pseudo acacia.*	Mai. Septembre.	5. 6,7.
LILAS. *Syringa vulgaris.*	Mai. Septembre.	3,36. 2,2.
FRÊNE. *Fraxinus excelsior.*	Mai. Septembre.	4,32. 3,71.
POIRIER. *Pyrus.*	Mai. Septembre.	5,2. 3,4.
ROSIER. *Rosa centifolia.*	Juin.	5,4.
CHATAIGNIER. *Fagus castanea.*	Juillet.	5,6.

TABLE III.e

Feuilles des plantes herbacées non aquatiques.

NOMS DES FEUILLES.	ÉPOQUE de l'expérience.	GAZ OXYGÈNE consumé pend. 24 heur. à l'obscurité, et rapporté au volume de la feuille pris pour unité.
POMME-DE-TERRE. *Solanum tuberosum.*	Septembre, avant la floraison.	2,5.
CHOU. *Brassica oleracea.*	Septem. jeun. feuilles Septem. vieil. feuilles.	2,4. 2.
ORTIE. *Urtica urens.*	Septembre.	2.
MERCURIALE. *Mercurialis annua.*	Septembre, pendant la floraison.	2,33.
CAROTTE. *Daucus carotta.*	Septembre, pendant la floraison.	1,9.
FÉVE. *Vicia faba.*	Avant la floraison. Pendant la floraison. Après la floraison.	3,7. 2. 1,6.
LIS. *Lilium candidum.*	Mai, avant la florais. Septemb. après la flor.	0,66. 0,5.
CAPUCINE. *Tropæolum majus.*	Septembre, pendant la floraison.	3.
DIGITALE. *Digitalis ambigua.*	Juillet.	2.
RAVE. *Brassica rapa.*	Septembre, pendant la floraison.	1,25.
AVOINE. *Avena sativa.*	Juin, avant la florais.	2,7.
FROMENT. *Triticum æstivum.*	Mai, avant la florais.	5.
POIS. *Pisum sativum.*	Mai, pend. la florais.	3,72.
RUTE. *Ruta graveolens.*	Août.	2.

TABLE IV.e

Feuilles des plantes marécageuses ou aquatiques.

NOMS DES FEUILLES.	ÉPOQUE de l'expérience.	GAZ OXYGÈNE consumé pend 24 heur. à l'obscurité, et rapporté au volume de la feuille pris pour unité
PLANTAIN D'EAU. *Alisma plantago.*	Août.	0,7.
INULE. *Inula dissenterica.*	Septembre.	1,6.
EPILOBE. *Epilobium molle.*	Septembre pendant la floraison.	1,9.
CRESSON DE FONTAINE. *Sisymbrium nasturtium.*	Septembre.	1,6.
Polygonum persicaria.	Septembre, pendant la floraison.	2.
VÉRONIQUE. *Veronica beccabunga.*	Septembre.	1,7.
RENONCULE rampante. *Ranunculus reptans.*	Septembre.	1,5.
SALICAIRE. *Lythrum salicaria.*	Mai, avant la florais.	2,3.
Caltha palustris.	Mai.	1.
Carex acuta.	Mai.	2,25.

TABLE V.

Feuilles des plantes grasses.

NOMS DES FEUILLES.	ÉPOQUE de l'expérience.	GAZ OXYGÈNE consumé pend. 24 heur. à l'obscurité, et rapporté au volume de la feuille pris pour unité.
RAQUETTE. *Cactus opuntia.*	Août.	1.
Agave americana.	Août.	0,8.
Sempervivum tectorum.	Juillet.	1.
Sedum globosum.	Septembre.	1,5.
Saxyfraga cotyledon.	Septembre.	0,6.
Sedum reflexum.	Juin.	1,7.
Stapelia variegata.	Juillet.	0,63.
Mesembryanthemum deltoides.	Juillet.	1,7.

§. VI.

Influence du gaz oxygène atmosphérique sur les racines des plantes.

Les racines qui sont enfouies dans le terreau, ne sont point entièrement privées du gaz oxygène atmosphérique. On peut en retirer une certaine quantité par la simple ébullition des eaux qui ont filtré au travers des terres végétales. Si l'on jette de l'eau dans un creux fait à la surface du sol, et qu'on recueille l'air qu'elle déplace en pénétrant dans la terre, on trouve qu'il est moins pur que l'air atmosphérique, mais qu'il contient toujours une quantité considérable de gaz oxygène : Hales l'avait déjà dit ; mais il m'a paru intéressant de rechercher si le contact de ce gaz avec les racines est utile à la végétation.

J'ai arraché de jeunes maronniers, pourvus de leurs feuilles, et pesant environ chacun 23 grammes ; ils avaient des racines longues de 2,5 décimètres, et des tiges à-peu-près pareilles. J'ai fait passer fig. III dans la tubulure E d'un récipient qui avait 1,2 litre de capacité, les racines du maronnier F G, et j'ai luté exactement sa tige avec le col E ;

après avoir rempli ce vase d'eau distillée, j'y ai introduit, par son ouverture C D, 594 centimètres cubes de gaz azote qui était en contact avec toute la partie supérieure des racines dont les extrémités plongeaient dans l'eau HI : le récipient reposait sur une cuvette pleine de mercure. J'ai établi un appareil semblable avec du gaz hydrogène, un autre avec du gaz acide carbonique, que j'ajoutais chaque jour à cause de son imbibition par l'eau HI. Trois autres maronniers ont été disposés séparément, de la même manière, avec de l'air atmosphérique.

La plante dont les racines étaient en contact avec du gaz acide carbonique, est morte la première au bout de sept ou huit jours ; celles dont les racines étaient en contact avec du gaz azote et du gaz hydrogène, sont mortes à-peu-près ensemble au bout de treize à quatorze jours. Elles avaient augmenté, pendant tout le temps de leur végétation, par du gaz acide carbonique le volume de leur atmosphère, qui, soustraction faite du gaz acide, n'avait point diminué. Les maronniers dont les racines végétaient avec l'air commun, étaient encore vigoureux au bout de trois semaines, terme auquel j'ai mis fin à l'expérience : leurs racines avaient diminué le vo-

lume du fluide aériforme dans le récipient, soit en absorbant le gaz acide qu'elles avaient formé, soit à cause de l'imbibition de ce même gaz par l'eau H I. Le gaz azote de cette atmosphère n'avait subi aucune diminution.

On peut en conclure que le contact du gaz oxygène avec les racines, est utile à la végétation. Plusieurs autres observations moins directes, viennent à l'appui de cette assertion.

1.° Duhamel fait remarquer (Physique des arbres, livre 1, chap. 5) « que les racines latérales sont d'autant plus fortes et plus vigoureuses, qu'elles sont plus près de la superficie de la terre, ensorte que, si dans une terre homogène on conserve en plantant un arbre plusieurs plants de racines, celui qui sera le plus près de la superficie de la terre, sera presque toujours plus vigoureux que celui qui est plus enfoncé. » N'est-ce pas parce que le dernier plan est moins en contact avec le gaz oxygène atmosphérique que le premier? On croira peut-être que c'est parce que les racines supérieures trouvent plus de sucs nutritifs à la surface du sol; mais l'observation suivante prouve qu'on ne peut attribuer à cette seule cause l'effet annoncé : si l'on accumule une terre quelconque sur les racines et autour d'un arbre qui prospère dans un bon sol,

cet arbre en souffrira. S'il n'en meurt pas, les racines inférieures, quoique plantées dans un meilleur sol, pourriront, et il en poussera de nouvelles sur les anciennes, dans la terre récemment ajoutée. Il est superflu de parler des avantages qu'on trouve à ouvrir ou à soulever la surface du sol qui sert à la végétation.

2.° Les plantes pivotantes, appelées par leur organisation à avoir de grosses racines verticales et presque dépourvues de chevelu, prospèrent mieux, toutes choses d'ailleurs égales, dans une terre sèche que dans une terre humide, et mieux encore dans une terre légère que dans une terre compacte : probablement parce que ces racines qui offrent peu de surface relativement à leur masse, requièrent plus le contact du gaz oxygène que les racines menues qui peuvent éprouver ce contact même dans une terre forte.

3.° Les racines des arbres qui pénètrent dans du fumier, dans de la vase ou dans des conduits d'eau, s'y divisent à l'infini, et y forment des queues de renard, parce qu'elles ne peuvent croître qu'autant qu'elles multiplient leurs points de contact avec la très-petite quantité de gaz oxygène qu'elles trouvent dans ces milieux.

4.° Un végétal dont les racines se trouvent

tout d'un coup submergées par une eau stagnante, en souffre beaucoup plus promptement que s'il eût éprouvé cet accident par une eau courante. Le gaz oxygène de l'eau croupissante sera bientôt épuisé, celui de l'eau courante ne tarira point. Il faut remarquer que les eaux croupissantes sont plus utiles aux végétaux que l'eau pure, lorsqu'ils les reçoivent par des arrosements ménagés avec le contact du gaz oxigène. On peut conclure de ces dernières observations, que lorsque le sol est trop humide, la plupart des végétaux en souffrent, non-seulement parce que l'eau leur est fournie comme aliment en quantité surabondante, mais encore parce que leurs racines ne sont presque point en contact avec l'air extérieur.

Quelques auteurs ont cru que les infusions de terreau et de fumier ne servaient point par elles-mêmes d'aliment à la végétation, parce que les plantes qu'ils ont arrachées et qu'ils ont plongées par les racines dans ces liqueurs, y ont moins prospéré que dans l'eau pure. Mais je doute beaucoup de la vérité de cette observation prise dans sa généralité. Quand les infusions sont très-peu chargées, ou qu'elles se rapprochent des eaux de sources, la végétation s'y soutient mieux, les plantes y ac-

quièrent plus de poids que dans l'eau distillée ou dans l'eau de pluie filtrée. J'ai répété les expériences très-précises de Woodward à ce sujet, et mes résultats ont été analogues aux siens. Les observations contradictoires ont été faites avec peu d'exactitude, et avec des infusions plus chargées que celles qu'on peut retirer par l'action de la presse d'une terre végétale fertile mouillée naturellement ; mais elles auraient dû être faites sur des infusions encore plus étendues que ces dernières, parce que les interstices de la terre laissent parvenir l'air aux racines, tandis que dans nos immersions totales, le gaz oxygène qui aurait pu par l'intermède de l'eau distillée et d'une infusion peu chargée, se communiquer aux racines, est entièrement consumé par les principes extractifs d'une infusion plus rapprochée.

§. VII.

Des modifications qu'éprouve le gaz oxygène par son contact avec les racines.

Lorsqu'on place sous un récipient plein d'air atmosphérique fermé par du mercure, une racine saine dépourvue de sa tige, et qui a une

assez grande force de végétation pour ne s'y point décomposer par la putréfaction, elle diminue le volume de cet air en paraissant absorber du gaz oxygène ; elle forme de plus du gaz acide carbonique avec le gaz oxygène ambiant. Mais quelque soit la capacité du récipient et la durée de l'expérience, la quantité de gaz oxygène qui paraît avoir été absorbée par la racine, est toujours inférieure au volume de cette dernière. Une racine ainsi saturée et transvasée immédiatement dans un autre récipient plein d'air commun, ne change plus son volume, elle forme simplement du gaz acide carbonique avec le gaz oxygène; mais si dans l'intervalle du transvasement on la laisse quelque temps exposée à l'air atmosphérique libre, elle absorbe sous le récipient une quantité de gaz oxygène égale à celle dont elle s'était chargée dans la première expérience.

Une racine de carotte jaune récemment arrachée, a consumé dans 24 heures, une fois son volume de gaz oxygène, et elle en a absorbé une centième de cette quantité.

Une bulbe de pomme de terre a consumé pendant le même temps la 0,4 de son volume de gaz oxygène ; elle a paru en absorber la 0,08 de son volume. Un oignon de lys avec ses racines proprement dites, a consumé la

0,39 de son volume de gaz oxygène ; il en a absorbé la 0,19 de son volume.

Une rave a consumé toujours dans le même temps une fois son volume de gaz oxygène ; l'absorption a été le quart de cette quantité.

L'impossibilité où est une racine d'absorber plus que son volume de gaz oxygène sous un récipient dont on ne la sort pas, et la faculté qu'elle acquiert d'en absorber une nouvelle quantité par son exposition à l'air libre, prouve que cet organe ne s'assimile point d'une manière permanente le gaz oxygène qu'elle a absorbé, mais qu'elle ne fait que le convertir en gaz acide carbonique, que l'air atmosphérique peut lui enlever en raison de l'affinité qu'il a pour le gaz acide.

Les racines se comportent à très-peu près soit au soleil, soit à l'ombre comme les feuilles qui végètent à l'obscurité, seulement les inspirations des premières sont beaucoup moins sensibles, parce que ne décomposant point pendant le jour du gaz acide, elles n'en sont jamais entièrement dépouillées.

Dans les expériences que j'ai rapportées jusqu'à présent, les racines étaient privées de leurs tiges ; mais on obtient des résultats très-différents, lorsqu'elles en sont pourvues, et qu'on dispose l'expérience de manière que la racine

soit confinée dans un récipient plein d'air atmosphérique, tandis que la tige et les feuilles flottent à l'air libre. Les racines paraissent alors absorber plusieurs fois leur volume de gaz oxygène. Voici l'appareil que j'ai employé à cet effet avec le polygonum amphibium, ou le P. persicaria. Il n'est pas commun, je crois, de trouver des plantes qui, par la longueur, la souplesse de leurs tiges et leur force de végétation, puissent se prêter à cette disposition; car il faut, autant qu'on le peut, supprimer les luts : ils ne prennent jamais avec assez de précision sur les végétaux dont les tiges sont toujours plus ou moins susceptibles de contraction et de dilatation. J'ai placé sur la tablette d'un bain de mercure C D, un récipient étroit A B plein d'air atmosphérique; j'ai fait passer à la surface du mercure H I qui était contenue dans le récipient, une couche d'eau F G de sept à huit lignes d'épaisseur, enfin j'ai introduit au travers du mercure dans le récipient, la racine E K du polygonum L M : la couche d'eau F G qui alimentait la plante, a été bientôt aspirée par elle; j'ai introduit alors dans le récipient une nouvelle quantité de ce liquide pendant plusieurs jours de suite : j'ai vu l'air contenu dans ce vase diminuer peu à peu par l'ascension du mercure dans la cloche.

Lorsque toute l'eau ajoutée a été absorbée, et lorsque l'air du récipient s'est trouvé diminué d'une quantité égale à neuf ou dix fois le volume de la racine, j'ai mis fin à l'expérience et j'ai trouvé que le gaz azote n'avait point été absorbé, que le gaz oxygène seul avait disparu en raison de la diminution du volume de l'air.

Ce gaz ne s'était point assimilé au végétal, mais il avait été rejeté dans l'atmosphère par les feuilles; car j'ai vu qu'en plaçant sous un récipient plein d'air commun, un polygonum entier avec ses feuilles et ses racines, de manière que celles-ci ne plongeassent que par leurs dernières extrémités dans l'eau contenue sous le récipient, et fussent pour la plus grande partie en contact avec l'air atmosphérique qu'on y avait renfermé, le gaz oxygène ne diminuait plus, parce que les feuilles restituaient d'une part ce que les racines avaient absorbé de l'autre. Dans ces expériences le végétal ne déplaçait environ que la 300.e partie de son atmosphère.

Lorsqu'on introduit dans un ballon exactement fermé et plein d'air atmosphérique, l'extrémité d'une branche feuillée, qui déplace environ la 400.e ou la 500.e partie de la capacité du ballon, et qui a ses racines dans la terre végétale (fig. VIII); cette branche améliore très-

sensiblement son atmosphère au bout de quinze jours ou trois semaines; mais ce changement n'a plus lieu d'une manière appréciable, lorsque la même plante est renfermée en entier avec ses racines dans le ballon.

Quand on recherche avec exactitude l'influence que les plantes exercent à l'aide de l'eau pure sur l'atmosphère qui les environne, il faut, comme je l'ai indiqué dans la figure 1.re, que les racines de ces plantes ne soient point plongées dans l'eau BD qui sert à le fermer; car, si cette quantité d'eau (fig. II) est considérable, et si on la renouvelle souvent, on obtient des résultats analogues à ceux que donne une branche (fig. VIII) qui a ses racines dans du terreau. L'atmosphère fournit à l'eau, et celles-ci aux racines, une quantité illimitée de gaz oxygène, qui se dégage en partie par les feuilles dans le récipient.

Il résulte en général de ces observations, que le gaz oxygène ne s'assimile point immédiatement aux racines, mais qu'il forme avec leur substance du gaz acide carbonique qu'elles absorbent et qui est élaboré par les feuilles.

§. VIII.

Des modications qu'éprouve le gaz oxygène par les tiges ligneuses.

J'ai placé des branches ligneuses au printemps, immédiatement avant l'épanouissement de leurs boutons, sous un récipient plein d'air commun (voyez l'appareil, fig. v) avec une de leurs extrémités, plongée dans une petite quantité d'eau pour les alimenter, elles s'y sont feuillées comme à l'air libre ; mais elles n'ont point pu faire ce développement sous un récipient plein de gaz azote ou de gaz hydrogène, elles s'y sont pourries en y répandant du gaz azote et du gaz acide carbonique, sans donner aucun signe de végétation. Les tiges ligneuses défeuillées et disposées comme je viens de le dire, vicient l'air commun, soit au soleil, soit à l'ombre, sans changer (au volume de la tige près) le volume de cette atmosphère ; elles remplacent constamment le gaz oxygène qu'elles font disparaître par un volume égal de gaz acide carbonique ; elles ne s'assimilent donc point de gaz oxygène. Leurs parties vertes s'en assimilent sans doute une petite quantité au soleil, en décomposant

le gaz acide qu'elles forment elles-mêmes avec le gaz oxygène ambiant ; mais cet effet n'est point sensible par ces expériences.

Les branches du saule (salix alba), du chêne (quercus robur), du peuplier (populus nigra), du charme (carpinus betulus), de 7 millimètres (1 à 3 lignes) d'épaisseur, ont consumé au printemps et en été, à une température de 15 degrés de Réaumur, une quantité de gaz oxygène égale au moins à la moitié et au plus à une fois leur volume, dans 24 heures. Le poirier et le pommier en ont consumé, dans des circonstances égales, deux ou trois fois leur volume.

Les tiges ligneuses défeuillées présentent le phénomène de l'inspiration du gaz oxygène à l'obscurité, et sans doute en raison de la substance verte contenue dans leur écorce, celui de son expiration au soleil. Cette émission n'est point sensible dans l'air atmosphérique par l'examen eudiométrique, parce qu'elles forment avec le gaz oxygène environnant plus de gaz acide carbonique au soleil qu'à l'ombre, et parce que leurs parties vertes n'ont point assez de surface pour décomposer tout le gaz acide qu'elles forment au soleil. On voit cependant très-bien l'atmosphère de la bran-

che diminuer pendant la nuit, et reprendre son premier volume à la lumière.

Les tiges ligneuses ne remplacent plus le gaz oxygène qu'elles consument, par un volume égal de gaz acide carbonique, lorsque la plante a ses racines dans le sol, ses feuilles à l'air libre, et sa tige seule renfermée dans une atmosphère d'air commun, comme on le voit dans les appareils (fig. VI et VII) qui sont fermés par du lut et du mercure. Le gaz acide que la branche laisse dans son atmosphère, se trouve inférieur d'une quantité indéfinie, au gaz oxygène qu'elle a consumé. Le gaz acide qui paraît ici en défaut, suit le cours *c a d* de la branche, pour être décomposé par ses feuilles à l'air libre. Je passe au détail d'une de ces expériences.

J'ai luté (fig. VI) au commencement de juillet, à 7 heures du matin, à l'ouverture *a* du tube *a b*, dont l'ouverture *e* plongeait dans du mercure l'extrémité d'une branche de pommier dont j'avais ôté les feuilles et les dernières ramifications purement herbacées. Cette branche avait 5 millimètres (2 lignes) de diamètre à sa section *e*, et elle déplaçait dans l'appareil 2 centimètres cubes (0,1 pouce cube); le tube lui-même contenait 125 centimètres cubes (6,3 pouces cubes) d'air atmosphérique

dans sa partie *a b* : car j'ai fait remonter jusqu'en *b*, le mercure dans le tube, de manière que l'air qu'il renfermait y fut dans l'état de pression où il était à l'extérieur.

Deux heures après le coucher du soleil, le mercure s'était élevé, toute correction faite, de 3 $\frac{1}{2}$ millimètres (1 $\frac{1}{2}$ ligne) dans l'intérieur du tube. Cette ascension correspondait environ à la moitié du volume de la branche. Le lendemain, à la pointe du jour, le mercure avait un peu descendu, et deux heures après le lever du soleil, l'air avait repris le volume qu'il avait avant l'expérience : cet air contenait $\frac{3}{100}$ de gaz acide, et après la soustraction de celui-ci, $\frac{13}{100}$ de gaz oxygène. La branche a donc consumé, dans 24 heures, cinq fois et un tiers son volume de gaz oxygène (8) ; elle l'a à peine remplacé par trois fois son volume de gaz acide carbonique libre, et elle a produit une

(8) Une branche dans les mêmes dimensions que la précédente, a été coupée ou séparée de ce pommier, et placée sous un récipient fermé par du mercure, pendant 24 heures, à la même exposition que celle qui était adhérente au sol ; elle a fait disparaître quatre fois son volume de gaz oxygène ; elle l'a remplacé par quatre fois son volume de gaz acide. Elle n'a point produit de gaz azote. Il résulte de ces deux expériences, que la branche attenante au sol consume plus de gaz oxygène que celle qui en est séparée.

grande quantité de gaz azote, qui a empêché qu'il y eût aucun changement de volume par l'absorption du gaz oxygène ou du gaz acide carbonique. Je reviendrai bientôt sur cette production, qui est un résultat nécessaire de la disposition de l'appareil.

Lorsque j'ai prolongé l'expérience pendant 48 heures et 96 heures, les effets ont été doublés et triplés; ainsi, il n'y a aucun doute que la portion de tige renfermée n'absorbe indéfiniment le gaz acide qu'elle produit; mais dans aucune de ces épreuves, quelque prolongées qu'elles aient été, le mercure n'est jamais monté plus que de 1 $\frac{1}{2}$ ligne, et il est toujours redescendu le lendemain au point où il était la veille. J'ai répété ces expériences avec les mêmes résultats sur le myrthe, et le lonicera xylostheum, en disposant l'appareil, comme on le voit fig. VII.

J'ai fait les mêmes expériences, fig. VI, en fermant avec de l'eau un tube qui contenait une colonne d'air atmosphérique de 1,4 décimètres (5 pouces) de haut. Au bout de trois ou quatre jours, l'eau a remonté de 2,7 décimètres (1 pouce) dans l'intérieur du tube. Elle n'a pu monter plus haut en prolongeant l'épreuve. L'air contenu dans le tube examiné à cette époque, ne contenait (à 2 ou 3 cen-

tièmes de gaz acide carbonique près) que du gaz azote. L'air avait donc subi la même diminution de volume que s'il eût été soumis à l'action d'un hydrosulfure. Il ne s'est point produit de gaz azote. Hales avait fait cette dernière expérience (9), et il en avait obtenu les mêmes résultats; mais ils ne prouvent rien pour l'objet qui nous occupe, parce que le gaz acide produit étant absorbé par l'eau, ne peut point être comparé avec le gaz oxygène qui disparaît en même temps.

Ce célèbre physicien a eu une opinion qui doit être contestée; il a cru que les branches ligneuses absorbaient beaucoup d'air pendant le jour, et qu'elles l'expiraient pendant la nuit (10). Il a soudé, comme dans l'expérience fig. VI, l'extrémité défeuillée d'une branche de pommier à l'ouverture *a* du tube *a e*; mais ici il a rempli entièrement ce tube d'eau, et il a plongé son ouverture inférieure dans du mercure. La branche, en suçant promptement cette eau, a fait monter le mercure de plusieurs pouces au-dessous de son niveau. Cette ascension a bientôt cessé, parce qu'il s'est dégagé de la branche incluse des

---

(9) Statique des végétaux, édit. franç., p. 130.
(10) *Ibid.* p. 76 et 77.

bulles d'air qui ont empêché une ascension ultérieure. Cet air provenait (et l'auteur l'avoit vu d'ailleurs avec justesse) de l'air atmosphérique introduit de *d* en *c* par la section ou le vide que tendait à faire l'élévation du mercure dans le tube imparfaitement fermé par le bois poreux de la branche. Il remarqua que le mercure s'élevait pendant le jour, et baissait pendant la nuit; et c'est à cette occasion qu'il a émis son opinion sur l'inspiration diurne, et l'expiration nocturne des tiges. Mais il a attribué à tort à la végétation un effet qui n'était que subordonné à la disposition de son appareil, et à la plus et moins grande suction de l'eau pendant le jour et pendant la nuit.

Lorsque, pendant le jour, l'arbre transpirait par ses feuilles, le volume d'eau sucée par la branche l'emportait sur le volume d'air atmosphérique qui s'introduisait de *d* en *c* dans le tube, et cet air ressortait par où il était entré, c'est-à-dire, par les pores du bois. Lorsque dans la nuit la transpiration était moindre ou anéantie, la suction l'était aussi; et l'air pénétrant dans l'appareil en plus grande raison que l'eau n'était aspirée, faisait baisser le mercure.

Les choses se passent à peu près de même lorsque le tube est plein d'air atmosphérique; mais les résultats sont ici presqu'insensibles à

l'œil, parce que la branche aspire avec beaucoup plus de lenteur le gaz acide carbonique, qu'elle n'aspire de l'eau. A peine a-t-elle, en suçant une portion de ce gaz, fait remonter le mercure d'une ligne et demie au-dessus de son niveau, que ce dernier attire dans l'appareil l'air atmosphérique dont la branche consume le gaz oxygène, et n'y laisse que du gaz azote; c'est à cette cause qu'on doit attribuer la production de ce dernier dans la première expérience.

Il ne s'est point produit de gaz azote dans une colonne d'air de 1,4 décimètres (5 pouces) de haut, fermée par de l'eau, parce que l'élévation de 2,7 décimètres (1 pouce) d'eau n'est pas suffisante pour solliciter l'air atmosphérique à entrer dans l'appareil. Mais lorsque la colonne d'eau est plus haute, elle produit le même effet que le mercure.

J'ai luté l'extrémité d'une branche de pommier à un tube *a e*, fig. VI, entièrement plein de mercure, et j'ai plongé ce tube dans un bain de mercure, assez profond pour que le col *a* luté y fût submergé, la branche n'a point dégagé d'air dans le tube pendant 24 heures, ni au soleil, ni à l'ombre. Mais lorsqu'en baissant le bain extérieur, j'ai fait supporter à la branche une colonne de mercure de 2,7 dé-

cimètres (10 pouces) de haut, elle a produit alors, surtout par sa section *c*, une infinité de bulles d'air qui faisaient baisser le mercure d'environ 1 décimètre (3 ou 4 pouces) dans 24 heures. Au bout de 60 heures, il est tombé au niveau de celui qui était dans le vase extérieur. L'air produit contenait $\frac{86}{100}$ de gaz azote, $\frac{9}{100}$ de gaz oxygène, et $\frac{5}{100}$ de gaz acide; mais en calculant la quantité de gaz oxygène que la branche consumait dans l'appareil, il m'a paru que l'air produit devait avoir dans son origine environ le même degré de pureté que l'air atmosphérique.

J'ai exposé, pendant huit jours, au soleil, sous un récipient plein d'air atmosphérique, un jeune pommier avec ses feuilles, sa tige et ses racines; il n'a pas changé sensiblement son atmosphère. Le gaz oxygène que les tiges ont paru s'assimiler, dans quelques-unes des expériences précédentes, a donc circulé dans l'intérieur du végétal pour être exhalé par les feuilles.

J'ai enlevé l'écorce des parties *a c* des branches contenues dans les appareils fig. VI et VII; elles ont également absorbé et décomposé par leurs feuilles le gaz acide qu'elles ont produit. Lorsque j'ai fait cette épreuve sous un récipient, et sur des branches coupées

comme dans la fig. v, elles ont laissé dans ce vase une quantité de gaz acide précisément égale à celle du gaz oxygène qu'elles ont fait disparaître, et elles ont produit, à volume et surface égale, les mêmes effets dans une ou deux fois moins de temps que le bois non écorcé. La dureté qu'acquièrent les arbres dépouillés de leur écorce, ne doit donc point être attribuée, comme plusieurs auteurs l'ont cru, à l'absorption du gaz oxygène par le bois; elle tient plutôt, comme je le montrerai dans la suite, à une surabondance de carbone.

En faisant ces expériences, j'ai vu le bois, surtout celui de chêne, d'abord parfaitement blanc, se colorer en jaune foncé ou en brun dans l'espace de quelques heures. Cette coloration était, ainsi que d'autres l'ont observé, plus intense au soleil qu'à l'ombre. La conversion du gaz oxygène en gaz acide par le bois écorcé, était aussi plus rapide à la lumière qu'à l'obscurité.

Lorsque j'ai placé au soleil le bois de chêne frais et récemment écorcé, dans du gaz azote ou sous l'eau, il a conservé toute sa blancheur, et le même s'est coloré ensuite sur-le-champ, au soleil, sous des récipients pleins d'air commun. Cette coloration est donc un résultat du contact du gaz oxygène; elle tient, comme

l'a pensé Berthollet (Art. de la teinture, vol. I. pag. 48), à une précipitation de carbone et à une formation d'eau. Mais cette formation ne vient pas de ce que le gaz oxygène atmosphérique se combine avec l'hydrogène du bois. L'explication serait contraire à l'expérience, qui prouve que le gaz oxygène consumé se retrouve en quantité rigoureusement égale dans le gaz acide produit. La précipitation du carbone vient de ce que le bois, en perdant une petite quantité de son carbone par le gaz oxygène qui le lui enlève, perd en même temps, en beaucoup plus grande proportion sous forme d'eau (voyez chap. IV, §. III) son oxygène et son hydrogène. L'absence de ces derniers principes laisse dans le résidu ligneux le carbone prédominant.

M. Senebier a fait une observation qui a de l'analogie avec celle que je viens de rapporter. Il a vu que la teinture verte des feuilles, préparée par l'esprit de vin, ne jaunit au soleil, que lorsqu'elle est en contact avec du gaz oxygène. (Physiologie végétale, t. III, p. 144.)

§. IX.

Des modifications qu'éprouve le gaz oxygène par son contact avec les fleurs.

Les fleurs, même celles des plantes aquatiques, ne se développent point, suivant mes

expériences, dans le gaz azote pur. Leurs boutons, prêts à s'épanouir, y sont comme paralysés; et ces parties épanouies ou non, s'y putréfient plus vîte que sous des récipients pleins d'air commun. Les fleurs qui, comme les lys blancs ou les roses doubles, ont pu déplacer, sans s'altérer, pendant 24 heures, sous un récipient plein d'air commun, la 7e. ou la 8.e partie de l'atmosphère qui les environnait, ont remplacé, au volume de la fleur près, par du gaz acide carbonique, le gaz oxygène qu'elles ont fait disparaître. Je dis, au volume de la fleur près, parce que celle-ci a retenu dans son parenchyme une quantité moindre que son volume de gaz acide carbonique. Mais lorsque la fleur a été transvasée immédiatement après, sous un autre récipient plein d'air commun, elle n'a plus fait cette absorption. Je ne reviens pas sur l'explication de cette observation.

Il est rare que les fleurs récemment cueillies, et confinées dans un vase plein d'air commun, changent sensiblement le volume de cette atmosphère, parce qu'elles remplacent, à très-peu près, par du gaz azote, le gaz acide qu'elles absorbent. Elles diffèrent sous ce rapport des autres parties des végétaux, qui exhalent, en végétant à l'obscurité, beaucoup moins de gaz azote, et qui diminuent

par conséquent presque toujours le volume de l'air ambiant.

La production du gaz azote à l'obscurité, par des fleurs qui ne paraissent point souffrir, ne serait-elle point liée à celle de leurs odeurs. Quand même on trouverait que ce gaz est produit aussi abondamment par des fleurs très-odorantes, que par d'autres qui le sont moins, on n'en pourrait rien conclure contre ce soupçon, parce qu'il est possible que les esprits recteurs de toutes les fleurs n'affectent pas notre odorat. Il est à regretter que leur règne soit si court qu'on ne puisse guère prolonger les épreuves au-delà de 36 heures, et qu'on ne soit porté à craindre que le dérangement inappréciable d'une organisation aussi délicate, n'influe sur les résultats.

Dans les expériences que je vais rapporter, les fleurs n'ont pas paru subir la moindre altération; elles n'ont rien perdu de leur port et de leur fraîcheur : celles qui étaient en boutons se sont épanouies sous le récipient. Elles étaient pourvues de leurs parties vertes, lorsqu'il était impossible de les retrancher; mais ces parties étaient trop petites relativement au volume des pétales, pour avoir aucune influence sensible dans les épreuves sur la rose, le lys, la giroflée, la capucine et

les chatons du chataignier. Des lys blancs ont consumé, dans 24 heures, à l'ombre, dans de l'air commun, sous un récipient fermé par du mercure, et à une température de + 17 degrés du thermomètre de Réaumur, une fois leur volume de gaz oxygène : elles ont fait une absorption de ce gaz, équivalente à la quinze centième de leur volume, et elles l'ont remplacé par la quinze centième de leur volume de gaz azote.

On concevra, d'après cet exposé, les indications suivantes :

GAZ OXYGÈNE consumé à l'ombre pendant 24 heures.	ABSORPTION.	GAZ AZOTE produit.
FLEURS-DE-LIS, (*Lilium album*.................. 1, 1.	0,15.	0,15.
OMBELLES DE CAROTTE, (*Daucus carotta*)...... 2, 1.	0, 3.	0, 3.
FLEURS DE CAPUCINE, (*Tropæolum majus*.)... 2,17.	0, 5.	0, 5.
GRAPPE DE FRAXINELLE, (*Dictamnus albus*.).... 2, 6.	0, 7.	0, 7.
GRAPPE DE GIROFFLÉE double, (*Cheyranthus incanus*.)................ 1, 2.	0, 7.	0, 4.
ROSE-CHOU, (*Rosa centifolia*.)................. 1, 8.	0,43.	0,43.
CHATONS MALES DE CHATAIGNIER (*Fagus castanea*.) 4, 7.	0,22.	0,22.

Les pétales consument plus de gaz oxygène au soleil qu'à l'ombre; elles n'exhalent point de gaz hydrogène : j'ai essayé en vain d'exciter une détonation dans du gaz oxygène pur où j'avais fait végéter, pendant huit jours, des grappes de fraxinelles souvent renouvelées. L'inflammation qu'on peut produire sur cette plante paraît tenir uniquement à la combustion de son huile essentielle.

J'ai fait les mêmes épreuves avec les mêmes résultats, soit au soleil, soit à l'ombre, sur des capucines et des soucis. On a dit qu'ils produisaient spontanément des éclairs; mais ce phénomène n'a été vu que par deux observateurs : ces fleurs sont cependant répandues dans tous les jardins. On doit être d'autant plus porté à le révoquer en doute, que leur éclat est propre à faire illusion.

§. X.

Influence du gaz oxygène sur les fruits.

Les expériences qu'on peut faire avec les fruits, sous le rapport qui m'a occupé jusqu'à présent, sont beaucoup plus incertaines qu'avec les autres parties des plantes, parce qu'ils ne conservent presqu'aucune force de végétation,

lorsqu'ils sont séparés du végétal qui les a produits.

J'ai introduit dans un ballon exactement fermé et exposé au soleil, des raisins en état de verjus, dont le cep avait ses racines dans le sol; ils ont amélioré avant la maturité leur atmosphère d'air commun, dans l'espace de 15 jours, sans répandre une quantité sensible d'acide carbonique, et ils sont parvenus à leur maturité; mais lorsque j'ai mis dans le même ballon de la chaux vive éteinte et desséchée promptement à la chaleur de l'eau bouillante, ils ont vicié dans les mêmes circonstances leur atmosphère, et n'ont point pu mûrir. J'ai obtenu les mêmes résultats avec les baies non mûres du solanum pseudocapsicum. Les fruits verts paraissent donc fournir les mêmes résultats que les feuilles.

Lorsque j'ai placé, avant la maturité, des raisins, des baies de solanum, des poires, des pommes séparées de l'arbre, sous des récipients pleins d'air commun, ces fruits ont vicié leur atmosphère dans l'espace de 24 heures, quoiqu'en passant le jour au soleil. Leurs inspirations et leurs expirations ont été très-peu sensibles; ils n'ont point pu décomposer, pendant le jour, tout le gaz acide qu'ils avaient formé pendant la nuit. Quand ils sont

restés, pendant plusieurs semaines, dans une obscurité continue, ils ne se sont point assimilés de gaz oxygène; celui qu'ils ont fait disparaître s'est retrouvé en quantité égale (au volume du fruit près) dans le gaz acide produit.

§. X I.

Utilité du gaz oxygène dans la nutrition des végétaux.

Pour réunir ici les principales influences du gaz oxygène sur la nutrition des végétaux; j'anticiperai sur quelques fonctions qui seront discutées dans les chapitres VII et VIII. Le terreau contient des sucs extractifs qui pénètrent dans les plantes, et qui favorisent leur végétation. Lorsque ces sucs sont épuisés, le gaz oxygène, en enlevant du carbone au terreau, y développe un nouvel extrait qui remplace le premier. L'action du gaz oxygène sur le sol ne se borne pas à cette seule influence. Le terreau qui perd de son carbone, abandonne en même temps, sous forme d'eau, son oxygène et son hydrogène; l'addition de ce liquide peut, dans certaines circonstances, être utile à la végétation.

Les plantes qui se développent à l'aide de

l'eau distillée, sous un récipient plein d'air atmosphérique, n'ont point de terreau pour aliment, mais leur propre substance aux dépens de laquelle elles croissent, le remplace. Les parties intérieures de la tige, ou une portion des racines ou des feuilles inférieures, se flétrissent et vident leurs sucs extractifs dans les parties qui se développent. Toutes les influences du gaz oxygène sur le terreau, se rapportent au cas que nous examinons.

J'ai montré dans le Chapitre II et dans celui-ci, que les plantes vertes combinent leur carbone au gaz oxygène environnant, pour former du gaz acide carbonique, et qu'elles se flétrissent lorsqu'on les empêche de décomposer ce dernier, en l'enlevant avec de la chaux ou de la potasse. Les sucs extractifs n'assimilent donc probablement leur carbone aux parties vertes, qu'autant qu'il s'y est converti en gaz acide carbonique. Le gaz oxygène est, pour cette combinaison, d'une nécessité absolue dans la végétation.

Le gaz oxygène sert lui-même d'aliment aux parties vertes, elles ne se l'assimilent point immédiatement; mais lorsqu'elles l'ont converti en gaz acide carbonique, elles retiennent, en décomposant celui-ci, une partie de son oxygène. Cet effet est si petit, qu'il

ne peut être apprécié que lorsqu'on leur donne une grande quantité de gaz acide à décomposer. (Voyez le Chap. II , § IV , et le Chap. VII, § III.)

Une atmosphère , composée seulement de gaz azote et de gaz acide carbonique , n'est pas favorable à la végétation (Chap. II, § II) ; le gaz oxygène libre doit y intervenir. Il a donc une influence indépendante de celle qui se borne à présenter aux plantes, sous la modification de gaz acide carbonique , des éléments qu'elles puissent s'assimiler. On peut présumer que cette seconde influence , consiste non-seulement à développer dans le terreau ou dans la plante un extrait nutritif et de l'eau , mais encore à produire un dégagement de calorique , par l'union du gaz oxygène avec le carbone du végétal. Ce dégagement est un résultat nécessaire de cette combinaison : s'il échappe le plus souvent à nos observations , c'est par sa petite quantité et parce qu'il est opposé à l'effet de l'évaporation.

R É S U M É.

Les plantes vertes , exposées dans l'air atmosphérique à l'action successive du jour et de la nuit , y font des inspirations et des ex-

pirations alternatives de gaz oxygène mêlé de gaz acide carbonique. Le gaz oxygène que les plantes vertes inspirent, ne s'assimile point immédiatement à elles, il se métamorphose dans l'inspiration en gaz acide carbonique; elles décomposent celui-ci dans l'acte de l'expiration, et ce n'est que par cette décompotion, qui n'est que partielle, qu'elles peuvent s'assimiler le gaz oxygène qui leur sert d'atmosphère.

Les racines, le bois, l'aubier, les pétales et toutes les parties qui, en général ne sont pas vertes, ne font point d'inspirations et d'expirations successives; elles ne s'assimilent point ni directement, ni indirectement le gaz oxygene atmosphérique; elles le métamorphosent en gaz acide carbonique, qui se trouve en petite quantité retenu ou dissous dans leurs parties succulentes, comme il aurait pu l'être dans de l'eau pure, autrement elles ne le modifient point.

J'ai fait voir les illusions dans lesquelles on pouvait tomber en faisant ces expériences sur une seule partie. Le gaz acide carbonique que les racines, le tronc et les branches ligneuses forment avec le gaz oxygène environnant, suit le cours longitudinal de la plante pour être décomposé par les feuilles.

J'ai montré que le contact du gaz oxygène avec les racines et en général avec les parties qui ne sont pas vertes, est essentielle à la végétation. Je reprendrai encore ce sujet dans le Chap. VI.

Les feuilles des plantes marécageuses, des plantes grasses, des arbres toujours verts, consument en général et dans des circonstances égales, moins de gaz oxygène que les feuilles des autres plantes.

L'influence la plus sensible que le gaz oxygène exerce sur la végétation, est de former du gaz acide carbonique, et de présenter, sous cette modification, aux plantes, des éléments qu'elles puissent s'assimiler.

CHAPITRE QUATRIÈME.

INFLUENCE du Gaz oxygène sur quelques principes immédiats des végétaux.

PLUSIEURS combinaisons végétales éprouvent par le contact du gaz oxygène, dans les premiers périodes de leur fermentation, des changements dont nous allons suivre l'origine. Cet examen pourra nous éclairer sur les modifications que ces combinaisons subissent dans l'acte de la végétation ; si toute fois il est vrai qu'on puisse quelquefois comparer les effets d'une substance désorganisée, à ceux qui s'opèrent dans une plante qui jouit de toutes ses facultés végétatives.

§. I.er

Emploi du gaz oxygène dans la précipitation des extraits.

M. Fourcroy (1) a remarqué que les extraits dissous dans l'eau, laissent précipiter par le

(1) Annales de Chimie, vol. 5.

contact de l'air, des pellicules ou une matière insoluble dans le liquide qui les contient : il a attribué cette précipitation à la combinaison du gaz oxygène avec l'extrait lui-même ; mais j'ignore si l'assertion de ce savant auteur, est appuyée sur l'analyse de ce précipité ou sur des examens eudiométriques.

J'ai placé sous des bocaux pleins d'air atmosphérique et fermés par du mercure, des capsules qui contenaient des solutions extractives de quinquina, de bois de chêne et de différents terreaux ; au bout de quelques jours j'ai trouvé que les solutions s'étaient précipitées, et que l'air des récipients avaient subi une petite diminution de volume. L'examen eudiométrique de cette atmosphère, m'a prouvé que le gaz oxygène qui avait disparu, ne se retrouvait pas en totalité dans le gaz acide libre qui s'était produit en même temps. Mais une circonstance importante m'a frappé, c'est que la diminution de volume du gaz oxygène dans lequel se fait l'expérience, est toujours inférieure au volume de la solution extractive, quelque soit son dégré de liquidité ou d'épaississement ; si l'on met dix parties volume d'extrait liquide, en contact avec mille parties volume d'air atmosphérique, celui-ci subit une diminution de volume qui n'excède pas

dix parties. Ce résultat constant m'a fait soupçonner que le gaz oxygène ne se combine point à l'extrait, mais que ce gaz lui enlève du carbone en formant du gaz acide carbonique, dont le liquide ne peut absorber que son propre volume.

Lorsqu'après l'expérience j'ai soumis à l'effet du vide ces sucs extractifs, saturés en apparence de gaz oxygène, j'en ai retiré une quantité de gaz acide à-peu-près égale au volume de gaz oxygène qu'ils avaient absorbé ; tandis que ce dégagement n'avait point lieu avant la saturation : mais cette épreuve n'était pas susceptible d'une assez grande exactitude pour être décisive. Il n'en est pas de même de celle que je vais rapporter.

J'ai fait circuler un courant de gaz acide carbonique dans les liquides extractifs avant de les mettre en expérience, ils ont été exposés ensuite, pendant quelques instants, à l'air libre, (pour qu'ils se dépouillassent d'une quantité surabondante de gaz acide); ils ont été introduits, immédiatement après, sous un récipient plein d'air commun, qui reposait sur du mercure. Lorsque dans l'espace de quelques heures ils n'ont fait subir aucune dilatation à leur atmosphère, l'épreuve a été continuée ; mais dans le cas de la dilatation, l'air du ré-

cipient a été renouvelé. Les extraits ainsi disposés et bien dépouillés de l'acide surabondant, ont subi les mêmes modifications que s'ils n'eussent rien absorbé ; ils se sont couverts d'une pellicule insoluble, mais ils n'ont pas changé le volume de leur atmosphère, ils n'ont point absorbé de gaz oxygène, ils ne l'ont fait disparaître qu'en le remplaçant par un volume de gaz acide carbonique rigoureusement égal au gaz oxygène consumé.

Il résulte donc de mes expériences, que les extraits, dans les premiers périodes de leur fermentation et dans la formation de leurs pellicules, ne s'assimilent point de gaz oxygène, et que l'action de celui-ci se borne à enlever du carbone.

Lorsque les extraits perdent, par l'action du gaz oxygène, une petite quantité de leur carbone, ils abandonnent en plus grande quantité leur oxygène et leur hydrogène dans l'état d'eau. Je ne donnerai ici qu'un exemple des épreuves que j'ai faites à ce sujet, elles m'ont toutes fourni des résultats analogues. J'ai mêlé 1,91 grammes (36 grains) d'extrait sec de bois de chêne, avec trente grammes (1 once) d'eau imprégnée de gaz acide carbonique, au point précis où ce liquide ne faisait subir aucune dilatation à l'atmosphère d'air

commun dans laquelle je l'ai placé. Cette atmosphère qui occupait 792 centimètres cubes (40 pouces cubes) contenait 21 centièmes de gaz oxygène et une quantité de gaz acide qui n'était pas appréciable. Au bout de 15 jours une pellicule épaisse s'était formée, mais l'air du récipient n'avait point changé de volume : il contenait alors $\frac{5}{100}$ de gaz acide carbonique, et après la soustraction de celui-ci $\frac{16}{100}$ de gaz oxygène. On doit conclure de ces résultats, que 40 centimètres cubes (2 pouces cubes) de gaz oxygène avaient disparu, et qu'ils avaient été remplacés par 2 pouces cubes de gaz acide carbonique, qui contiennent, suivant Lavoisier, 0,4 grains de carbone. L'extrait auquel ce principe avait été enlevé, ayant été séché au bain marie, n'a plus pesé que 30 grains. Il paraissait donc avoir abandonné de sa propre substance 5 $\frac{1}{2}$ grains d'eau. Mais il était possible que cette eau eût été perdue pendant la dessication. J'ai donc fait dissoudre 36 grains d'extrait sec de bois de chêne, dans la même quantité d'eau que celle qui avait été employée pour l'expérience précédente : cette dissolution séchée immédiatement après, et en même temps, et au même degré de feu que l'extrait soumis à l'action de l'air, a fourni 34 grains d'extrait sec. L'opération de la

dessication avait donc volatilisé 2 grains d'extrait, ou plutôt volatilisé 2 grains d'eau, appartenant à la substance sèche de l'extrait. Il résulte de toutes ces épreuves, que 36 grains d'extrait ont été privés de $\frac{1}{2}$ grain de carbone par le gaz oxygène sous le récipient, et qu'ils ont abandonné ou formé en même temps une quantité d'eau équivalente à 3 $\frac{1}{2}$ grains. Je n'annoncerais pas avec confiance des résultats aussi petits, si je ne les eusse confirmés par un très-grand nombre d'autres observations.

L'absence de l'oxygène et de l'hydrogène que les extraits abandonnent sous forme d'eau en beaucoup plus grande proportion que le carbone qui leur est enlevé par le gaz oxygène, tend à augmenter dans le résidu extractif la proportion du carbone; et en effet, j'ai trouvé que 100 parties de pellicules extractives sèches, fournissent, par le résidu de leur distillation à feu nu, plus de charbon que 100 parties d'extrait qui n'a point été séparé de ses pellicules. Bien loin donc que ces flocons insolubles soient un extrait oxygené, ils sont un extrait désoxygené ou sursaturé de carbone.

Les sucs des plantes vertes, très-chargés de cette matière extractive, à laquelle M. Fourcroy a donné le nom d'albumine végétale, parce

qu'elle peut se présenter avec quelques caractères propres à l'albumine animale, n'absorbent point le gaz oxygène. Les sucs du cactus opuntia et du sedum telephium se sont coagulés par le contact du gaz oxygène, en une substance gélatineuse et élastique, sans changer le volume de ce gaz, et uniquement en le métamorphosant en gaz acide carbonique.

Mais il faut avoir soin de ne pas placer les sucs extractifs dans des vases où ils ne puissent présenter que peu de prise à l'air ambiant. La solution doit être étendue sur une grande surface; sans cette précaution, les parties qui seraient trop éloignées du contact du gaz oxygène, pourraient former du gaz acide carbonique en entier de leur propre substance.

Lorsque la température se trouve très-différente à la fin et au commencement de l'expérience, il faut, avant de la terminer, ramener directement la liqueur extractive à la température qu'elle avait au moment de son introduction dans le récipient, et ne point faire, par le calcul, la correction usitée en pareil cas, parce que la faculté qu'a l'eau de se combiner au gaz acide, s'accroît avec l'abaissement de température.

Dans toutes les expériences dont j'ai parlé,

les substances végétales n'ont pas passé à la putréfaction ou au degré de fermentation requis pour leur faire dégager, dans certaines circonstances, du gaz hydrogène et du gaz azote.

§. II.

Emploi du gaz oxygène dans l'acétification.

On a reconnu dans tous les temps que le contact de l'air favorisait d'une manière très-marquée la conversion du vin en vinaigre. Lavoisier (2) a trouvé cet acide tout formé, sans l'intervention du gaz oxygène dans les produits de la fermentation du sucre avec la levure ; mais comme l'expérience démontre qu'une très-petite quantité de gaz oxygène suffit pour donner à la liqueur vineuse des indices bien prononcés d'acidité, j'ignore si le gaz oxygène dissous ou interposé dans l'eau distillée employée dans cette expérience, n'a pas contribué essentiellement à la formation de l'acide qui n'était pas considérable. On peut ignorer encore si l'acide acétique n'existe pas

(2) Traité élémentaire de Chimie, par Lavoisier, pag. 143 et suiv.

tout formé dans la levure, soit en combinaison avec l'ammoniaque, soit plutôt avec le principe glutineux qu'elle contient. Berthollet a déjà remarqué que cette épreuve n'était pas décisive (3).

Rosier a trouvé que le gaz oxygène était absorbé pendant l'acétification : il en a jugé par la diminution de volume que subit l'air atmosphérique dans cette opération; mais j'ai montré, dans le paragraphe précédent, que cette diminution n'est pas une preuve de l'assimilation du gaz oxygène avec la substance végétale, tant qu'on ne compare pas le volume du gaz absorbé, avec le volume du liquide. J'ai fait voir que le gaz oxygène absorbé peut se borner à former du gaz acide carbonique, qui reste dissous ou interposé dans la liqueur.

J'ai tenu du vin en contact avec du gaz oxygène pendant une année entière, dans des récipients fermés par du mercure. Ce vin s'est converti en vinaigre, mais je n'ai jamais trouvé que la diminution du volume du gaz oxygène pût excéder le volume du vin; elle lui a toujours été inférieure.

Lorsque j'ai fait cette expérience avec du vin artificiellement imprégné de gaz acide

---

(3) Statique chimique, vol. *2*, p. 525.

carbonique, au point où le mélange ne dilatait plus l'air atmosphérique (4), ce vin s'est également converti en vinaigre, mais sans changer le volume de son atmosphère, et en remplaçant le gaz oxygène (qui disparaissait) par un volume précisément égal de gaz acide carbonique.

Trois pouces cubes de vin de Bordeaux, légèrement imprégnés de gaz acide carbonique, et placés pendant cinq mois en contact avec 80 pouces cubes d'air atmosphérique renfermé par du mercure dans une étuve constamment échauffée entre le 20.e et le 23.e degré du thermom. de Réaumur, sont devenus acides au point d'être impotables et d'exciter une légère effervescence dans la potasse. Ils ont subi cette modification, sans changer le volume de leur atmosphère, mais en formant avec le gaz oxygène environ six pouces cubes de gaz acide carbonique, et en faisant disparaître un volume égal de gaz oxygène. Quatre expériences faites dans les mêmes circonstances sur des vins différents, m'ont donné des résultats analogues. Dans une cinquième expé-

(4) Le vin seul, privé d'air, dilate toujours un peu l'air atmosphérique, en raison de l'alcohol qui s'y dissout, et qui prend l'état élastique.

rience, j'ai trouvé une petite diminution de volume et une absorption correspondante de gaz oxygène; mais, dans ce cas particulier, le vin n'a point été placé et retiré à la même température; il était à $+20°$ du thermomètre de Réaumur, lorsque l'expérience a été commencée; et à 0, lorsqu'elle a été terminée. Je ne doute pas que l'attraction du vin pour le gaz acide, laquelle augmente avec l'abaissement de température, n'ait été la cause de cette anomalie.

La pâte de farine de froment récemment préparée ne s'est point assimilée de gaz oxygène en s'acidifiant dans l'air atmosphérique; l'action de ce gaz s'est bornée à soustraire du carbone. Cette expérience, faite en été, a duré environ soixante heures.

Trois pouces cubes d'alcohol placés pendant cinq mois en contact avec 80 pouces cubes d'air atmosphérique, n'ont subi aucune modification, non plus que l'air qui les environnait.

Mes expériences sur l'acétification ne portent aucune atteinte à l'opinion généralement admise, que les vins s'acidifient par une plus grande portion d'oxygène; car ils sont formés en grande partie d'oxygène, d'hydrogène et de carbone. La soustraction de ce dernier principe augmente la proportion du premier.

On pourrait supposer que les vins s'assimilent de l'oxygène d'une part, et qu'ils restituent d'autre part en entier, de leur propre substance, un volume précisément égal de gaz acide carbonique ; mais ce serait peut-être aller trop loin en faveur d'une hypothèse, que d'admettre une compensation aussi constamment exacte ; d'ailleurs le résultat serait le même dans cette supposition : les vins ne s'oxygeneraient ou ne s'acidifieraient que par la perte de leur carbone, puisqu'ils perdraient, dans l'élimination du gaz acide, autant de gaz oxygène qu'ils en prendraient dans l'air atmosphérique.

§. III.

Influence du gaz oxygène sur le bois mort.

Le bois humecté et placé dans des milieux dépourvus de gaz oxygène, leur ajoute du gaz acide carbonique, qu'il forme en entier de sa propre substance. Cette formation n'a plus la même origine, lorsque le bois est en présence du gaz oxygène.

J'ai mêlé 15,29 grammes ($\frac{1}{2}$ once) de sciure de tronc de chêne, desséchée à un degré déterminé du thermomètre et de l'hygromètre avec de l'eau, de manière à en faire une pâte.

Le mélange placé dans une capsule de verre pendant cinq semaines, sous un vaste récipient plein d'air commun et fermé par du mercure, a été exposé à une température constante. Après l'époque assignée, cet air n'avait pas changé de volume. Il s'y était formé 1,98 cent. cub. (10 pouc. cub.) de gaz acide carbonique, qui avaient pris la place du même volume de gaz oxygène : cette sciure exposée à l'air libre dans des circonstances d'ailleurs égales à celles où elle était sous le récipient, était desséchée au bout de trois semaines aux mêmes degrés du therm. et de l'hyg. qu'avant son humectation. Son poids, dans l'état sec, s'est trouvé diminué de 796 milligrammes ou 15 grains. Or elle n'avait pu perdre, pendant son confinement et pendant son desséchement, que 159 milligrammes ou 3 grains de carbone, au plus ; elle avait donc abandonné, outre cet élément, une quantité d'oxygène et d'hydrogène représentée au moins par 637 milligrammes ou 12 grains d'eau. La sciure s'était recouverte à sa surface exposée à l'air, d'une croute d'un brun foncé. Cent parties de cette dernière m'ont fourni (5), par la carbonisation, 20 $\frac{1}{2}$

---

(5) Les procédés suivis dans cette opération, sont indiqués dans la note sur les carbonisations, à la fin du Ch. V.

parties de charbon. Cent parties de sciure, avant son altération par l'air, ne fournissaient que 17 $\frac{1}{2}$ parties de charbon.

Il résulte de ces expériences et de plusieurs autres, 1.° que le bois et l'aubier, après leur mort, ne s'assimilent point le gaz oxygène atmosphérique ; 2.° que l'action de celui-ci se borne à leur enlever du carbone ; 3.° que ces substances végétales abandonnent en même temps et en plus grande proportion, sous forme d'eau, de l'oxygène et de l'hydrogène ; 4.° que la soustraction de ces derniers principes augmente, dans le résidu ligneux, la proportion du carbone.

Les bois qui se décomposent par la seule influence de l'eau et sans le contact du gaz oxygène, comme on l'observe dans les branches mortes qui restent pourvues d'une écorce dense et serrée, subissent des modications très-différentes : leur substance blanchit au lieu de noircir, et la proportion de leur carbone diminue au lieu d'augmenter. Je crois que cette altération tient en grande partie, à la perte de leurs principes extractifs et colorants, qui sont plus chargés de carbone que le bois lui-même.

Cent parties de bois de chêne, décomposé en blanc sans le contact de l'air, ont fourni

16 parties de charbon, abstraction faite des cendres.

Cent parties de bois de chêne, pourri en noir avec le contact de l'air, ont fourni 25 $\frac{1}{2}$ parties de charbon, abstraction faite des cendres.

Il est impossible de réduire le bois, par des décoctions multipliées, à un état tel qu'il n'abandonne plus à l'eau de principes extractifs. Chaque décoction ou chaque macération avec le contactde l'air, développe un extrait qui n'y était pas auparavant, ou qui devient soluble à l'eau par un changement de principes, opéré dans l'acte de la coction ou de la macération. J'ai soumis à l'ébullition 92 grammes (3 onces) de sciure de bois de chêne, pendant demi-heure, avec vingt-quatre fois son poids d'eau distillée : la décoction filtrée et évaporée à une douce chaleur, a fourni un extrait sec, pesant 4,7 grammes (90 grains); une seconde décoction, semblable à la première, a donné un extrait pesant 1,5 grammes (29 grains). Ces quantités ont toujours été en diminuant jusqu'à la 9.e décoction, qui a fourni un extrait pesant 212 milligrammes (4 grains). La 11.e décoction en a fourni une quantité semblable, il en a été de même de la 12.e La sciure humectée qui avait été soumise à ces douze opé-

rations, a été exposée à l'air, mais à l'abri de la poussière, pendant deux mois. Je me suis assuré que dans cet intervalle le bois ne faisait que convertir le gaz oxygène en gaz acide, sans s'assimiler le premier. Après l'époque assignée, la sciure a fourni, par une treizième décoction semblable aux précédentes, une quantité d'extrait qui pesait 292 milligrammes ou 5 $\frac{1}{2}$ grains, et qui était, par conséquent, supérieure au produit de la 9.e décoction. Une 14.e décoction a fourni un extrait pesant 4 grains : mais après deux mois d'exposition à l'air, la quantité d'extrait fournie par une seule opération, est revenue de nouveau à 5 $\frac{1}{2}$ grains. Le bois le plus épuisé de ses principes extractifs, fournit toujours, lorsqu'il est mis en macération dans l'eau froide avec le contact de l'air, des infusions chargées d'extraits. Ces derniers sont tous solubles dans une petite quantité d'eau ; ils sont troublés dans l'état de concentration, par l'eau de chaux, par le carbonate de potasse et par les dissolutions métalliques.

Le gaz oxygène a moins d'action sur le bois dépouillé de ses principes extractifs que sur celui qui en est pourvu.

Le bois privé de son extrait par la décoction dans une grande quantité d'eau, fournit,

à poids égal, moins de charbon que le bois naturel.

La sève, en formant l'aubier, subit probablement des modifications en partie analogues à celles d'un extrait qui se carbonise par l'influence du gaz oxygène, et qui devient en partie insoluble à l'eau. Mais il y a sans doute cette différence, c'est que dans la modification de l'extrait, le carbone plus ou moins impur se précipite ou se sépare, sous forme noire, du reste du composé; tandis que dans la sève, par une disposition particulière de cette substance ou par l'action de la végétation, il reste en combinaison pour former l'aubier. Dans ce composé insoluble à l'eau, la proportion du carbone est au maximum: mais lorsque l'aubier reste exposé à l'action de l'air, la combinaison est détruite; elle se sépare de son carbone qui, en partie, s'unit au gaz oxygène, et en plus grande partie, se précipite sous forme de terreau ou de charbon très-impur. Le bois, par la séparation de ce carbone, rétrograde vers sa première origine en passant à l'état de suc soluble à l'eau. Le bois tout formé n'est souvent peut-être plus lui-même une combinaison homogène, mais un aubier très-condensé, mêlé de charbon ou de terreau. Voy. la note des carbonisations, à la fin du Ch. V.

§. IV.

Condensation du gaz oxygène par les huiles.

Les huiles font disparaître le gaz oxygène, mais elles n'opèrent point cet effet comme les sucs extractifs, comme les liqueurs vineuses et comme le bois, uniquement en formant du gaz acide carbonique. J'ai trouvé que l'huile de térébenthine avait pu absorber, dans l'espace de quatre mois, vingt fois son volume de gaz oxygène, en produisant un volume de gaz acide quatre fois moindre que le gaz oxygène absorbé. Les résultats n'ont pas été différents, quand l'huile soumise à l'épreuve avait été préliminairement saturée de gaz acide carbonique (6).

L'huile de lin a pu absorber plus que douze fois son volume de gaz oxygène, dans l'es-

---

(6) En faisant ces expériences, j'ai eu l'occasion d'observer un fait annoncé par Priestley : c'est que l'huile de térébenthine absorbe le gaz azote ; mais il m'a paru que le volume de gaz azote condensé n'excédait jamais le volume de l'huile. Priestley a reconnu que l'huile perdait avec le temps cette propriété, et qu'elle la reprenait après avoir été exposée dans le vide. Il paraît donc très-vraisemblable que l'azote ne perd point son calorique dans cette combinaison.

pace de quatre mois, sans laisser une quantité sensible de gaz acide carbonique dans son atmosphère. C'est parmi toutes les substances, tant animales que végétales, que j'ai éprouvées, la seule qui m'ait présenté ce résultat. Cette propriété pourrait la rendre propre aux épreuves eudiométriques. L'huile de lin qui a servi à mes expériences, ne condensait point le gaz azote, et elle n'émettait aucun gaz à la température atmosphérique, dans des milieux aériformes dépourvus de gaz oxygène.

L'apparition de l'eau dans les huiles, tant animales que végétales, qui ont été long-temps exposées à l'action de l'air, est un fait constaté par un très-grand nombre d'observations. Il peut faire présumer que le gaz oxygène absorbé ne s'assimile pas à ces substances. Je n'ai point su apercevoir la formation de l'eau dans les expériences dont j'ai donné le détail, mais elles n'ont peut-être pas été assez long-temps continuées : l'huile a pu retenir en dissolution ou en suspension l'eau qu'elle a contribué à former. Il faut donc attendre de nouvelles observations pour décider si la résinification des huiles, par l'action de l'air, est due à une soustraction de leurs principes, ou à une addition de gaz oxygène étranger, ou à ces deux effets réunis. Nous nous

contenterons de remarquer que la soustraction du carbone ne contribue que peu ou point à cette résinification.

Les huiles ne paraissent point absorber ou s'assimiler de gaz oxygène dans l'acte de la végétation, elles ne semblent avoir cette propriété que lorsqu'elles sont devenues une secrétion ou un corps étranger au végétal qui les a produites. Ainsi les graines de lin et de chanvre qui produisent, par expression, des huiles qui condensent le gaz oxygène, ne l'absorbent pas sensiblement dans l'acte de leur germination; elles ne le modifient, comme les graines mucilagineuses et amilacées, qu'en le convertissant en gaz acide carbonique.

§. V.

Condensation du gaz oxygène par les substances végétales en putréfaction.

Les végétaux dans tous les périodes de leur fermentation, n'augmentent jamais le volume de l'atmosphère avec laquelle ils sont en contact immédiat, lorsquelle contient une grande dose de gaz oxygène: mais lorsqu'elle n'en contient que peu ou point, ils l'augmentent dans les premiers périodes de leur fermen-

tation par du gaz acide carbonique pur, et dans leur putréfaction ou dans le dernier période de la fermentation, par du gaz hydrogène ou différents gaz inflammables mêlés de gaz acide carbonique et de gaz azote.

J'ai eu plusieurs fois l'occasion de voir un fait qui a déjà été annoncé par Berthollet (7) avec la justesse qui caractérise ses observations : c'est qu'un corps en putréfaction, dont toutes les parties sont en contact avec l'air atmosphérique, n'y laisse jamais de gaz hydrogène, il n'y ajoute point non plus de gaz azote.

Il m'a paru que tant que les substances végétales en fermentation n'émettent point de gaz hydrogène dans une atmosphère dépourvue de gaz oxygène, elles ne changent point le volume d'une atmosphère de gaz oxygène; mais que si on les place dans ce dernier à l'époque où elles peuvent émettre du gaz hydrogène sous l'eau ou dans le gaz azote, elles font subir alors au gaz oxygène une condensation. J'ai privé des graines de pois de leur faculté végétative, en les tenant submergées pendant quelques instants, dans l'eau bouillante. Ces pois, gonflés et submergés dans l'eau, n'y

(7) Statique chimique, vol. 2, p. 546.

émettaient d'abord aucun gaz : l'acide carbonique paraissait le premier, et le gaz hydrogène lui succédait. Je les ai placés, immédiatement après leur mort, dans un atmosphère d'air commun, au bout de quatre jours elle n'avait pas changé de volume. Il en avait disparu 6 pouces cubes de gaz oxygène, qui avaient fait place à 6 pouces cubes de gaz acide. J'ai submergé, après l'expérience, ces mêmes pois dans l'eau, au bout de deux jours ils ont commencé à laisser dégager du gaz inflammable : je les ai mis alors en contact immédiat avec cent pouces cubes d'air atmosphérique fermé par du mercure : au bout de trois jours cette atmosphère s'est trouvée condensée d'un pouce cube, et j'ai trouvé, par l'examen eudiométrique, que 7 pouces cubes de gaz oxygène avaient disparu, et avaient été remplacés seulement par 6 pouces cubes de gaz acide carbonique. Cette atmosphère ne contenait point de gaz hydrogène. Les haricots, les féves, les racines de pomme de terre, m'ont fourni, pendant l'émission du gaz hydrogène, les mêmes résultats que les pois.

J'ai placé sous un récipient qui contenait 1070 centimètres cubes (54 pouces cubes) d'air atmosphérique, 3,82 grammes (un gros) de gluten frais : au bout de huit jours la tem-

pérature ayant été constamment entre 10 et 12 degrés du therm. de Réaumur, et le gluten paraissant ramolli, l'air du récipient n'avait pas changé de volume : il en avait disparu 59 centimètres cubes (3 pouces cubes) de gaz oxygène, qui avaient été remplacés par le même volume de gaz acide. Le gluten n'avait alors que l'odeur aigre de la pâte de froment qui commence à fermenter. Il s'est réduit, par un desséchement opéré dans l'espace de trois heures, à 1,35 grammes; mais avant l'expérience il se réduisait, par ce desséchement, à 1,48 grammes ou 28 grains. Il avait donc abandonné de sa substance sèche 2 grains d'eau.

J'ai continué l'expérience dans les mêmes circonstances, sur 3,82 grammes (1 gros) du même gluten, amené au degré de fermentation où j'avais laissé celui de l'expérience précédente : il commençait, lorsqu'on le plaçait sous l'eau, à laisser dégager du gaz hydrogène. Au bout de huit jours les 54 pouces cubes d'air atmosphérique avaient diminué de $\frac{3}{4}$ pouce cube : ils contenaient alors $\frac{8}{100}$ de gaz acide, et après la soustraction de celui-ci 11 $\frac{1}{2}$ centièmes de gaz oxygène. 9 $\frac{1}{2}$ parties de gaz oxygène avaient disparu, et n'avaient été remplacées que par 8 parties de gaz acide

carbonique. Le gluten nageait dans l'eau qu'il avait formée : je l'ai fait sécher à une douce chaleur, il s'est réduit, par cette opération, à 1,38 grammes (26 grains). Il avait donc produit 46 grains d'eau. Ce liquide contenait de l'ammoniaque, mais le poids en était insignifiant ; il ne verdissait point les couleurs végétales, probablement parce que l'ammoniaque était uni soit au gluten même, soit à l'acide acétique. Le gluten s'est couvert, pendant sa putréfaction, d'une poussière noire qui ne paraissait point lorsqu'il se putréfiait sous l'eau sans e contact de l'air.

Résumé.

Il résulte des observations énoncées dans ce Chapitre, qu'en général (et si l'on en excepte les huiles) le gaz oxygène, pendant les premiers périodes de la fermentation, ne se fixe point dans les végétaux morts, qu'il ne s'unit point non plus à leur hydrogène pour former de l'eau, et qu'il ne leur enlève que du carbone. Ainsi dans l'acétification, dans la précipitation des extraits, dans la coagulation de l'albumine végétale, le gaz oxygène est uniquement employé à soustraire ce carbone. La proportion de cet élément n'est cependant pas

diminuée dans les résidus réunis de cette soustraction, parce que les substances végétales dont il s'agit, abandonnent en même temps, sous forme d'eau, une partie de leur oxygène et de leur hydrogène.

Mais le gaz oxygène se combine ou à l'hydrogène des végétaux morts, ou à leur substance entière, lorsqu'ils passent à la putréfaction et au période de leur fermentation, dans lequel ils peuvent laisser dégager du gaz hydrogène. Comme l'époque de cette combinaison est précisément celle du développement du gaz hydrogène, comme ce dernier ne se trouve plus dans le gaz oxygène avec lequel le végétal qui se putréfie est en contact immédiat, et comme enfin l'apparition de l'eau est très-augmentée à ce période de la fermentation, on doit présumer que le gaz oxygène qui a disparu et qui ne se retrouve pas dans le gaz acide produit en même temps, ne s'assimile point à la substance végétale, mais qu'il est employé à former de l'eau.

Il y a une différence importante à remarquer entre les produits de la fermentation opérée sans le contact du gaz oxygène, et ceux de la fermentation opérée avec ce contact : c'est que dans la première circonstance, le gaz acide carbonique qui est dégagé, puise

ses deux éléments dans le végétal qui fermente; tandis que dans la seconde, le gaz acide ne paraît tirer qu'un de ses éléments (le carbone) de la substance en fermentation.

CHAPITRE CINQUIÈME.

Du Terreau végétal.

§. I.er

Recherches sur la composition du terreau.

J'ENTENDS par le nom de terreau cette substance noire, dont les végétaux morts se recouvrent lorsqu'ils sont exposés à l'action réunie du gaz oxygène et de l'eau. Les expériences que j'ai rapportées dans le chapitre précédent, tendent à prouver que cette substance n'est pas le résultat de la combinaison du gaz oxygène avec la plante morte, mais qu'elle est le résidu de la soustraction de quelques-uns des éléments de ce végétal.

J'ai employé, pour la plupart de mes recherches, des terreaux presque purs, et dépouillés, par un tamis serré, de la plus grande partie des végétaux non décomposés qui y

sont toujours mêlés. Ils ne contenaient guères que les parties minérales qui provenaient de la plante qui les avait produits. Je les ai pris sur des rochers élevés, ou dans des troncs d'arbre où ils n'avaient pu être modifiés par les substances étrangères, que l'abord des bestiaux, les engrais et le dépôt des sources introduisent ordinairement dans le sol. Ces terreaux m'ont paru fertiles, surtout lorsqu'ils sont mêlés avec une certaine quantité de sable ou de gravier qui sert de point d'appui aux racines, et qui donne accès au gaz oxygène : j'en excepte cependant ceux qui se forment dans le tronc de certains arbres, tel que le chêne. Lorsque l'eau n'y a pas eu d'écoulement, ils se trouvent chargés d'une quantité surabondante de principes extractifs qui obstruent les vaisseaux des plantes. Ces principes solubles ne proviennent pas en entier, dans ce cas, du terreau lui-même, mais en partie de l'arbre vivant, et ils ne sont pas alors adaptés à la nutrition de tous les végétaux.

Les opérations suivantes nous donnent un aperçu sur les différences qu'on peut observer en général, entre la composition du terreau et celle des plantes d'où il provient.

Distillation du bois de chêne, 10,614

grammes (200 grains) de bois de chêne sec, distillé, jusqu'à une chaleur rouge, dans une cornue de verre lutée, ont fourni 2293 centimètres cubes (116 pouces cubes) de gaz hydrogène carburé, + 575 centimètres cubes (29 pouces cubes) de gaz acide carbonique, + 4,25 grammes (80 grains) d'eau, tenant en dissolution du pyrolignate d'ammoniaque avec excès d'acide pyroligneux, + 589 milligrammes (13 grains) d'huile bitumineuse empyreumatique. Le charbon resté dans la cornue a pesé 2,23 grammes (42 grains) : il contenait 26 milligrammes ($\frac{1}{2}$ grain) de cendres.

Distillation du terreau brun de bois de chêne, 10,614 grammes (200 grains) de terreau sec de bois de chêne, distillé comme le bois précédent, ont fourni 2456 centimètres cubes (124 pouces cubes) de gaz hydrogène carburé, + 673 centimètres cubes (34 pouces cubes) de gaz acide carbonique, + 2,81 grammes (53 grains) d'eau, tenant en dissolution du pyrolignate d'ammoniaque et du carbonate d'ammoniaque, + 530 milligrammes (10 grains) d'huile bitumineuse empyreumatique. Le charbon resté dans la cornue a pesé 3,13 grammes (59 grains) : il contenait 424 milligrammes (8 grains) de cendres.

Distillation des plantes entières du Rho-

dodendron ferrugineum, 10,614 grammes de ces plantes sèches, distillées, jusqu'à une chaleur rouge, dans une cornue de verre lutée, ont fourni 1982 centimètres cubes (100 pouces cubes) de gaz hydrogène carburé, + 634 centimètres cubes (32 pouces cubes) de gaz acide carbonique, + 3,34 grammes (63 grains) d'eau chargée de pyrolignate d'ammoniaque avec excès d'acide pyroligneux, + 1,7 grammes (32 grains) d'huile bitumineuse empyreumatique. Le charbon resté dans la cornue a pesé 2,813 grammes (53 grains) : il contenait 159 milligrammes (3 grains) de cendres.

Distillation du terreau noir du Rhododendron précédent, 10,614 grammes (200 grains) de ce terreau sec, distillé jusqu'à une chaleur rouge, ont fourni 2040 centimètres cubes (103 pouces cubes) de gaz hydrogène carburé, + 673 centimètres cubes (34 pouces cubes) de gaz acide carbonique, + 3 grammes (57 grains) d'eau, chargée de pyrolignate d'ammoniaque et de carbonate d'ammoniaque, + 557 milligrammes (11 grains) d'huile bitumineuse empyreumatique. Le charbon résidu de la distillation a pesé 3,45 grammes (65 grains) : il contenait 689 milligrammes (13 grains) de cendres.

La distillation des terreaux de gazon, de

sapin et de ces plantes elles-mêmes, m'a fourni des produits qui présentaient les mêmes différences. Il en résulte que les végétaux non décomposés, contiennent, sous le même poids, plus d'oxygène et moins de carbone que leurs terreaux : nous ignorons si le carbone de ces derniers y est en entier en combinaison avec leurs autres principes.

L'azote se trouve en plus grande proportion dans le terreau que dans la plante non décomposée. Ce résultat n'est pas surprenant puisque les végétaux qui fermentent avec le contact de l'air, ne laissent presque point dégager de gaz azote. On ne peut attribuer cependant à cette seule cause, tout le carbonate d'ammoniaque que j'ai obtenu de la distillation des terreaux ; il provient sans doute en partie des insectes qui vivent dans l'humus, et qui y laissent leurs dépouilles.

Le célèbre Klaproth a obtenu, par la distillation de la tourbe, des produits (1) qui ne contenaient sans doute qne très-peu d'azote, puisque l'acide pyroligneux y était très-surabondant : mais la tourbe ne peut être considérée comme un véritable terreau ; elle est le résidu de la décomposition des végétaux,

---

(1) Beytrage zur Chemischen Kenntniss. 3.e Band.

opérée dans une eau stagnante, et en partie sans le contact de l'air : dans ce cas ils abandonnent de l'azote sous forme de gaz. La tourbe paraît contenir une quantité de carbone, inférieure a celle qui se trouve dans un terreau achevé. Comparez les carbonisations des terreaux n°s. 8, 15, 19, avec les carbonisations des tourbes n°s. 32 et suiv. dans la table placée à la fin de ce Chapitre.

Les acides ne présentent aucun effet remarquable dans leur mélange avec le terreau, ils n'y produisent aucune effervescence, ils ne le dissolvent point en entier, ils se chargent d'une partie du fer et des principes terreux qu'il contient, mais très-peu de la partie végétale : les acides muriatiques et sulfuriques concentrés, la réduisent en charbon à l'aide de la chaleur, et ils en dégagent de l'acide acétique suivant la remarque de Vauquelin.

L'alcohol ne dissout point le terreau, il en sépare ordinairement une petite quantité de principes extractifs et de résine, qui équivaut au plus à deux ou trois centièmes du poids du terreau.

La potasse et la soude dissolvent presqu'en totalité le terreau, il laisse dégager de l'ammoniaque pendant leur action. Cette dissolution est décomposée par les acides, ils en

précipitent une poudre combustible, brune, peu abondante relativement au poids du terreau consacré à l'opération.

§. II.

Principes extractifs du terreau.

Le terreau en substance est insoluble dans l'eau. Ce liquide en sépare des principes extractifs qui ne sont point le terreau lui-même. Je donnerai, par les épreuves suivantes, un aperçu sur la quantité d'extrait dont se charge l'eau pure qui tombe sur un sol fertile.

J'ai rempli un grand vase d'un terreau de gazon presque pur, et je l'ai arrosé avec de l'eau distillée ou de pluie, jusqu'à ce qu'il n'en pût plus absorber : au bout de cinq jours, il a été soumis à l'action de la presse. Dix mille parties en poids du fluide exprimé et filtré, ont fourni, par l'évaporation à siccité, un extrait sec qui pesait vingt-six parties.

J'ai fait la même épreuve, pendant le même temps, sur la terre forte d'un jardin potager, qui était amendé avec du fumier. Dix mille parties en poids de l'eau exprimée, ont fourni un extrait sec qui pesait dix parties.

La même expérience répétée dans des circonstances égales sur la terre meuble d'un champ qui portait une belle récolte en blé, a fourni, sur dix mille parties d'eau, quatre parties d'extrait.

Les terreaux étaient secs, avant l'expérience, et l'eau employée pour les humecter ne contenait point de gaz acide carbonique; mais il n'en était plus de même lorsqu'elle a été retirée, elle troublait alors l'eau de chaux par du carbonate calcaire, mais pas beaucoup plus que les eaux des sources ordinaires : 100 pouces cubes des eaux de terreau, exprimées dans la cornue même où je les ai soumises à l'ébullition immédiatement après l'expression, ont fourni un air qui contenait tout au plus 2 pouces cubes de gaz acide carbonique. Cette détermination peut n'être pas très-précise, mais d'autres observations indiquent que la quantité de gaz acide que les racines puisent dans un sol ordinaire, n'est pas considérable.

Lorsqu'on introduit, dans un ballon, toute la partie supérieure d'une plante verte, enracinée dans du terreau, et qu'on ferme exactement le col de ce vase à l'origine de la tige, on ne peut apercevoir qu'au bout de plusieurs jours ou même de plusieurs semaines,

une petite amélioration dans l'air du ballon, quoique le volume de l'eau exhalée par les feuilles soit très-grand.

La quantité d'extrait que l'eau bouillante peut séparer des terreaux purs, naturels (2) et formés en rase campagne, est peu considérable. J'ai soumis ces terreaux à douze décoctions successives, faites chacune pendant une demi-heure avec un poids d'eau qui excédait vingt-quatre fois celui du terreau. La quantité d'extrait que j'ai pu recueillir par toutes ces opérations, n'a pas excédé la onzième partie du poids du terreau; elle a été souvent beaucoup moindre. Il m'a paru qu'un terreau pur qui fournissait, par les douze décoctions dont j'ai parlé, une quantité d'extrait égale à la 11.e partie de son poids, était, dans des circonstances égales, moins fertile pour des féves et des pois que le même terreau qui ne contenait que la moitié ou les deux tiers de la quantité d'extrait que je viens d'indiquer.

---

(2) J'entends par ces dénominations un terreau qui ne laisse après sa combustion qu'une petite quantité de cendres, ou qui n'excède pas la 10.e de son poids. Je suppose aussi que le terreau n'a pas été amendé par des engrais, ni formé par une accumulation artificielle de végétaux morts en même temps.

Si la quantité d'extrait que doit contenir le terreau, pour entretenir une belle végétation, ne doit pas être trop grande, elle ne doit pas être trop petite. J'ai soumis à douze décoctions successives, avec de l'eau renouvelée, un terreau presque pur, j'y ai semé, dans deux pots de jardin, des graines de féve, de pois et d'orge, et je les ai arrosées avec de l'eau de pluie, dont la pureté pouvait être assimilée à celle de l'eau distillée. D'autres graines semblables ont été semées, en même temps, dans deux pots égaux aux précédents, et pleins du même terreau; celui-ci n'avait point été dépouillé de son extrait. Les plantes ont porté dans l'une et l'autre expérience des semences fécondes, mais le poids de ces plantes et de leurs semences a été d'un quart plus grand lorsqu'elles avaient crû dans le terreau pourvu de son extrait, que lorsqu'elles avaient crû dans le terreau épuisé. Cependant l'action des décoctions n'avait pas changé les caractères extérieurs de ce dernier; on ne pouvait pas le distinguer à l'œil et au toucher de celui qui restait pourvu de son extrait. Il m'a paru seulement que le terreau épuisé pouvait retenir ou imbiber une plus grande quantité d'eau.

Cent parties de terreau sec et dépouillé de

la plus grande partie de ses principes solubles, ont pu retenir 477 parties d'eau.

Le terreau sec non lavé n'en a pu retenir au plus que 400 parties.

Il en est du terreau comme du bois, il ne peut pas être dépouillé entièrement par l'eau de ses principes extractifs, du moins sous nos yeux et avec le contact de l'air. Les premières macérations ou décoctions enlèvent plus d'extrait que les suivantes, mais on arrive bientôt à un terme où il en fournit une quantité constante, ou qui ne diminue plus sensiblement. Si l'on expose à l'action longtemps continuée de l'air extérieur le terreau humecté, après qu'il est parvenu à ce maximum d'épuisement, il subit une modification en vertu de laquelle il peut fournir une plus grande quantité d'extrait que par la décoction précédente. Dix mille parties de terreau sec et noir de Rhododendron ferrugineum, qui fournissaient, par la combustion, 65 parties de cendres, ont été soumises à l'ébullition avec 24 fois leur poids d'eau distillée : cette décoction filtrée a fourni un extrait pesant 250 parties. Celui de la 9.e décoction pesait 40 parties. La 10.e et la 11.e décoction en ont fourni chacune séparément une quantité semblable. Le terreau épuisé à ce degré et humecté, a été exposé

à l'action de l'air, mais à l'abri de la poussière pendant trois mois. Après ce terme on l'a soumis à une 12.e décoction semblable à la précédente, et il a fourni un extrait pesant 58 parties. La macération dans l'eau froide, produit des effets analogues. Ces macérations faites pendant longtemps, et répétées plus de cinquante fois, sur le même terreau déjà épuisé par la décoction, ont toujours produit, du moins avec le contact de l'air, des infusions colorées par un extrait très-soluble.

Le terreau dépouillé en partie de ses principes extractifs par la décoction, fournit à la distillation, à très-peu près, les mêmes produits que le terreau non épuisé ; seulement la quantité du charbon résidu de cette opération est un peu plus considérable dans le terreau en partie épuisé. Cent parties de ce dernier ont fourni 33 $\frac{1}{4}$ parties de charbon, qui contenait 5 $\frac{1}{4}$ parties de cendres. Cent parties du même terreau, pourvu de son extrait, ont fourni, par la même opération, 31 grains de charbon, qui contenait 6 $\frac{1}{2}$ parties de cendres (3). Cet accroissement, dans la proportion du carbone du terreau, est renfermé dans

(3) Voyez les procédés employés pour ces carbonisations, dans la note à la fin de ce Chapitre.

des limites très-étroites. Lorsque j'ai soumis de nouveau, ce même terreau épuisé à plusieurs décoctions successives, je n'ai point pu continuer à augmenter cette proportion de carbone, quoique j'aie soustrait, par ces opérations, une grande quantité d'extrait.

L'extrait de terreau n'est pas déliquescent : il fournit du carbonate d'ammoniaque à la distillation. La solution aqueuse de cet extrait rapprochée en consistance de sirop, n'est ni alkaline, ni acide ; elle a une saveur sucrée, elle se précipite à l'air, elle est troublée au bout de quelques instants par l'eau de chaux, par le carbonate de potasse et par la plupart des dissolutions métalliques. Lorsqu'on la mêle avec de l'alcohol il en dissout une petite partie, et il en sépare une autre qui lui est insoluble. Le principe dissoluble dans l'alcohol est très-déliquescent. L'extrait fourni par les premières macérations du terreau dans l'eau, contient, à poids égal, une plus grande proportion du principe déliquescent que l'extrait fourni par les macérations suivantes.

---

(4) J'ignore si ce principe extractif déliquescent est enveloppé par le principe non déliquescent qui est très-surabondant, de manière à empêcher le premier d'attirer l'humidité de l'air, ou si l'alcohol détermine une nouvelle combinaison dans les principes de l'extrait.

§. III.

Des sels contenus dans le terreau.

Les réactifs ne font pas ordinairement découvrir, par leur simple mélange avec l'infusion d'un terreau naturel formé en rase campagne, des quantités notables de potasse, de muriates et de sulfates alkalins ; si toute fois la base sur laquelle il repose n'y a rien ajouté. La plupart des sels alkalins que contiennent les végétaux, ne se manifestent que dans le résidu de leur combustion : il en est de même des sels contenus dans le terreau.

Plusieurs auteurs ont cru que les plantes se créent elles-mêmes les sels qu'elles contiennent, parce que les cendres de la plupart des terreaux naturels, n'abandonnent point de sels à l'eau bouillante. Cette conclusion est sans doute prématurée. Tous les terreaux que j'ai examinés contenaient des sels alkalins, quoique les cendres de ces terreaux fussent souvent inattaquables par l'eau. Mais ces sels étaient retenus dans les cendres par une demi vitrification avec les principes terreux, lorsque ces derniers étaient très-surabondants. Cent parties de terreau de gazon m'ont fourni,

par la combustion, cinquante parties de sable ou de cendres qui n'ont point abondonné de substances salines à l'eau bouillante. Mais 100 parties de l'extrait sec de ce même terreau, ont fourni 14 parties de cendres, et 100 parties de ces dernières ont formé avec l'eau bouillante une lessive qui contenait 25 parties de sels, composés de potasse libre, de muriates et de sulfates alkalins. Une analyse ultérieure m'a prouvé que l'eau n'avait extrait que la moitié des sels contenus dans ces mêmes cendres.

Cent parties de terreau de Rhododendron contenaient 6 $\frac{1}{2}$ parties de cendres. Cent parties de ces cendres n'ont pu abandonner à l'eau qu'une $\frac{1}{2}$ partie de sels alkalins. Mais cent parties des cendres de l'extrait de ce même terreau ont abandonné à l'eau le tiers de leur poids de sels alkalins, et il s'en faut beaucoup que ce liquide les ait extrait en totalité.

J'ai fait les mêmes épreuves sur six autres terreaux très-différents; ils m'ont tous fourni des résultats analogues.

§. IV.

Des modifications qu'éprouve le gaz oxygène par son contact avec le terreau.

Le terreau est le résidu d'une substance putréfiée, mais il n'est plus lui-même susceptible de putréfaction. Il peut être même considéré comme un anti-septique; car les principes extractifs qu'il contient sont susceptibles de passer à la fermentation putride lorsqu'ils sont isolés; ils ne la subissent point lorsqu'ils restent unis avec le terreau. J'ai tenu pendant un an des terreaux purs non épuisés dans des récipients pleins d'eau et fermés par du mercure; ils n'y ont émis aucun gaz, si ce n'est peut-être la petite quantité de gaz acide dont l'eau qui les recouvrait a pu se charger.

On ne peut douter que le terreau, si l'on en excepte ses principes salins et terreux, ne soit en entier destructible par l'action réunie de l'air et de l'eau. Sans avoir recours, pour le prouver, à des recherches minutieuses, je ne puis mieux faire que de transcrire ici les observations de mon père (Voyages dans les Alpes, § 1319.) sur la terre végétale qui recouvre les plaines entre Turin et Milan, et

dont la culture remonte à la plus haute antiquité.

« Le peu d'épaisseur de la couche de terre
« végétale que l'on voit dans ces plaines, me
« semble aussi prouver que l'on ne peut pas
« regarder la quantité de cette terre comme
« une mesure du temps qui s'est écoulé de-
« puis que le pays a commencé à produire
« des végétaux ; car dans cet espace de dix
« lieues entre Turin et Saint-Germano, je
« ne lui vis nulle part une épaisseur qui allât
« à un pied ; or la petitesse de cette quan-
« tité prouve à mon gré que cette terre est
« sujette à une décomposition qui met une
« limite à son accroissement ; car sans cela
« comment un pays plat, fertile et cultivé
« depuis plus de trois mille ans, n'en possé-
« derait-il pas une couche plus épaisse.

« Cette destructibilité de la terre végétale
« est un fait au-dessus de toute exception, et
« les agricoles qui ont voulu suppléer aux
« engrais par des labours trop fréquemment
« répétés, en ont fait la triste expérience. Ils
« ont vu leur terre s'appauvrir graduellement
« et leurs champs devenus stériles par la des-
« truction de la terre végétale. »

« Puis donc que cette terre est destruc-
« tible, la quantité qui s'en détruit doit être,

« jusqu'à un certain point, proportionelle à « sa quantité absolue; et comme d'un autre « côté la quantité qui s'en produit annuelle- « ment, est limitée, son accroissement doit né- « cessairement avoir des limites déterminées.»

« Les limites de cet accroissement doivent « varier suivant le climat, suivant la nature « et la situation du fond qui sert de base à « la terre végétale, suivant les plantes qui y « croissent, suivant le genre de culture qu'on « leur donne, enfin suivant la fertilité du « pays. Mais lors même que toutes les causes « qui tendent à augmenter l'épaisseur de cette « couche de terre se trouveraient réunies, on « ne saurait douter qu'elle n'atteignît enfin à « un certain maximum, au-delà duquel les « causes destructives devenues égales aux « causes productives, ne leur permettraient « pas de s'élever. »

Des terreaux purs, imbibés d'eau distillée et renfermés sous des récipients pleins d'air atmosphérique ou de gaz oxygène confiné par du mercure, y ont formé du gaz acide carbonique en faisant disparaître le gaz oxygène; mais ils n'ont jamais pu diminuer le volume de cette atmosphère d'une quantité plus grande que le volume d'eau qui servait à les humecter, quelque fût la quantité du terreau et la

durée de l'expérience : elle a été quelquefois prolongée pendant plus d'un an. Lorsque cette eau a été préliminairement imprégnée de gaz acide, ils n'ont point changé le volume de leur atmosphère. Le gaz oxygène consumé s'est retrouvé, en quantité rigoureusement égale, dans le gaz acide produit, et ils n'ont laissé dégager ni gaz hydrogène, ni gaz azote.

Il résulte évidemment de ces expériences, que le terreau ne fixe ni ne s'assimile point le gaz oxygène atmosphérique. L'action de ce dernier se borne uniquement à enlever du carbone au terreau.

Pour obtenir les résultats que je viens d'annoncer, il faut que le terreau ne soit point chargé de dépôts ferrugineux ou argileux. Le fer imparfaitement oxydé, contenu dans ces dépôts, se combine effectivement au gaz oxygène; mais cet effet n'est produit ni par le terreau, ni par les terres pures, ni même sensiblement par le fer et par la manganèse, qui entrent en combinaison dans la partie végétale du terreau et qui y sont démontrés par son incinération.

La gaz oxygène enlève une plus grande quantité de carbone au terreau pourvu de ses principes extractifs, qu'à celui qui en est dé-

pouillé par des décoctions. Ce dernier, à poids égal, a formé la moitié moins de gaz acide carbonique, avec le gaz oxygène atmosphérique, que le même terreau non épuisé.

Le terreau humecté et contenu dans des vases qui ne laissent point échapper ses principes extractifs, perd, si on le considère dans l'état sec, une partie de son poids par le contact du gaz oxygène, et cette déperdition est plus grande que le poids du carbone qui lui est enlevé par ce gaz. J'ai mêlé, dans une capsule de verre, 30,57 grammes (une once) de terreau de Rhododendron, séché (5) à l'ombre à un degré déterminé du therm. et de l'hygrom. avec de l'eau, jusqu'à ce qu'il n'en pût plus imbiber : j'ai placé cette capsule sous un vaste récipient plein d'air atmosphérique : cet air a été renouvelé plusieurs fois, et examiné eudiométriquement à chaque reprise. L'expérience a duré quatre mois : le terreau en a passé trois sous un récipient, et un à sécher à l'ombre à l'air libre au même degré où il était avant son mélange avec l'eau. J'ai trouvé alors que son poids avait

(5) Ce terreau était depuis longtemps parfaitement sec au toucher ; mais quoiqu'il ne fût pas déliquescent, son poids variait suivant le degré du thermomètre et de l'hygromètre.

diminué de 849 milligrammes ou 16 grains. Il avait fait disparaître, pendant son confinement sous le récipient, 476 centimètres cubes (24 pouces cubes) de gaz oxygène, et il les avait remplacés par le même volume de gaz acide. Il avait donc formé pendant toute l'expérience, environ 32 pouces cubes de gaz acide, en supposant que la production du gaz acide ait été la même pendant le confinement et pendant le desséchement (6). Or comme 32 pouces cubes de gaz acide contiennent, suivant Lavoisier, 6 grains de carbone, le terreau doit avoir perdu, outre cet élément, une quantité d'oxygène et d'hydrogène, représentée par 10 grains d'eau.

La proportion du carbone augmente par la soustraction de ce liquide dans le résidu des végétaux qui se réduisent en terreau, mais le carbone n'augmente pas, à ce que je crois, par cette opération dans un terreau achevé; il doit perdre, à très-peu près, par l'action de

---

(6) Le terreau forme probablement moins de gaz acide, toutes choses d'ailleurs égales, sous un récipient qu'à l'air libre; mais comme il n'a presque point d'action sur le gaz oxygène dans les derniers périodes de son desséchement, qui prennent beaucoup de temps, je crois que la quantité de gaz acide que j'attribue au desséchement, est plutôt en excès qu'en défaut.

l'air et de l'eau son oxygène, son hydrogène et son carbone dans la même proportion. S'il perdait son oxygène et son hydrogène en plus grande proportion que son carbone, on trouverait souvent sur un sol abandonné depuis longtemps par la végétation, des résidus qui seraient du carbone presque pur ou du charbon. Mais on n'en rencontre point de pareils, ils fournissent tous, par la distillation, des produits dont le carbone fait au plus la moitié.

Le carbone est un antiseptique très-puissant, et l'état dans lequel il se trouve dans le terreau, paraît propre à lui communiquer, en partie, cette propriété. J'ai rempli plusieurs vases égaux de différents terreaux purs ou presque purs : j'ai placé, dans chacun d'eux, une même quantité de chair de bœuf. La même épreuve a été faite, daus des circonstances d'ailleurs égales, avec les sciures des bois d'où provenaient ces terreaux, avec du charbon pur, avec du sable calcaire, avec du sable siliceux, avec du sable argileux et à l'air libre. La chair s'est conservée un peu plus longtemps, sans altération, dans le charbon que dans le terreau; mais elle s'est conservée beaucoup plus longtemps avec le terreau que dans les sciures, que dans les différents sables dont j'ai parlé, et qu'à l'air libre. C'est en par-

tie par cette propriété antiseptique de l'humus, qu'il est très-différent, pour entretenir la végétation, d'alimenter des plantes avec des solutions extractives, isolées et non renouvelées, ou de leur fournir du terreau. La partie insoluble de ce dernier, empêche les substances végétales non décomposées, de fournir aux plantes des sucs en fermentation toujours nuisibles à la végétation.

RÉSUMÉ.

Le carbone se trouve en plus grande proportion dans le terreau que dans les plantes d'où il provient. Cependant la proportion du carbone que contient le terreau ne paraît pas pouvoir être notablement augmentée, par l'action continuée des causes qui le produisent.

Le terreau humecté, mais considéré dans l'état sec, perd de son poids à la température atmosphérique, par le contact du gaz oxygène : celui-ci ne s'y fixe point, il ne s'unit point à l'hydrogène du terreau pour former de l'eau. Le gaz oxygène ne lui enlève que du carbone. L'humus, en perdant cet élément, abandonne en même temps sous forme d'eau son oxygène et son hydrogène, et un extrait soluble dans ce liquide.. Le terreau

paraît être ainsi entièrement destructible à la température atmosphérique, par l'action réunie du gaz oxygène et des lavages.

Les sucs extractifs du terreau contribuent dans une certaine proportion à sa fertilité : leurs cendres contiennent tous les principes des cendres des végétaux.

Le terreau pur est anti-septique.

NOTE

Sur la carbonisation de différentes substances végétales.

Lorsqu'on distille un végétal ou un de ses principes immédiats dans une cornue de verre lutée, le degré de feu que peut supporter cette dernière sans se fondre n'est souvent point suffisant pour expulser tout l'hydrogène qui reste en combinaison avec le charbon, et qui pourrait être dégagé à une chaleur supérieure. Ce procédé ne serait cependant pas inexact pour nous faire juger des quantités relatives de charbon contenues dans les substances végétales qui ne sont pas volatiles, si les différents charbons retenaient tous, au plus haut degré de feu que peut supporter la cornue,

la même proportion d'hydrogène. Mais il n'en est pas ainsi : les substances végétales qui, telles que certaines semences, sont denses et capables de se ramollir par l'action du feu, retiennent une plus grande proportion d'hydrogène que celles qui sont plus dilatées et qui ne se ramollissent point comme la plupart des bois.

Dans les résultats que je vais donner, le degré de feu employé pour la carbonisation a été supérieur à celui qui tient l'argent en fusion ; et comme le poids des divers charbons n'a point changé en les soumettant à une température plus élevée, j'ai lieu de croire qu'ils sont comparables entre eux. Je n'ai point varié dans la manière de conduire le feu, ou dans le temps employé à le porter au plus haut degré.

Pour opérer ces carbonisations, j'enveloppe la substance végétale sèche dans du papier, j'en forme un peloton serré qui est introduit dans une boîte cylindrique de fer, ou dans un canon fermé d'un côté et ouvert de l'autre : il a 9 centimètres de haut et 4 centimètres de large. J'applique sur le peloton une rondelle de fer, munie d'un manche vertical qui sert à la sortir ; elle occupe avec précision le diamètre intérieur du cylindre. Cette plaque est lutée dans cette position avec de l'argile ; elle

est recouverte d'une couche de poussière de charbon, et d'une seconde couche de cendres.

Je pèse après l'opération le peloton charboné sans le déformer pendant qu'il est chaud, et j'en retranche le poids du charbon du papier, qui est connu par une opération antérieure.

Les précautions employées pour la récolte, le desséchement et l'incinération des végétaux, sont les mêmes que celles qui sont indiquées dans le Chap. IX.

On ne peut juger dans plusieurs cas des quantités relatives de charbon fournies par différentes substances, qu'en les supposant dépourvues de cendres. C'est ce résultat qui est inscrit dans la cinquième colonne de la table des carbonisations. J'en donnerai un exemple: 100 parties en poids de terreau de feuilles de sapin (n.° 19) ont fourni 28 parties de cendres; 100 parties du même terreau ont produit 52 $\frac{1}{2}$ parties de charbon pourvu de cendres. En retranchant ces cendres du terreau et du charbon, et en faisant la proportion $100 - 28 : 52,5 - 28 = 100 : x$, je trouve que 100 parties de ce terreau dépourvu de cendres, auraient fourni 34 parties de charbon.

CARBONISATIONS.

N° des carbo-nisations.	NOMS des substances.	POIDS du charbon fourni par 100 parties de substance seche.	POIDS des cendres contenues dans 100 parties de substance sèche.	POIDS du charbon fourni par 100 parties de substance seche, abstraction faite des cendres.
1.	Bois de chêne (*quercus robus*) séparé de l'aubier.	19,75.	0,2.	19,69.
2.	Aubier appartenant au bois précédent.	17,5.	0,4.	17,16.
3.	Bois et aubier du chêne précédent, dépouillés de leur extrait par des décoctions réitérées.	16,75.	0,2.	16,54.
4.	Ecorce du tronc du chêne précédent.	26.	5.	22,1.
5.	Liber de l'écorce précédente.	24,8.	6,2.	19,82.
6.	Ecorce de branches de chêne d'un centimèt. (5 à 6 lignes) de diamètre.	26,6.	6.	21,92.
7.	Branches écorcées de chêne d'un centimèt. (5 à 6 lignes) de diamètre.	17.	0,4.	16,66.
8.	Terreau brun de bois de chêne	28,5.	4.	25,44.
9.	Bois de chêne pourri en blanc sans le contact de l'air.	20.	6,8.	14,1.

CARBONISATIONS.

N.° des carbonisations.	NOMS des substances.	POIDS du charbon fourni par 100 parties de substance sèche.	POIDS des cendres contenues dans 100 parties de substance sèche.	POIDS du charbon fourni par 100 parties de substance sèche, abstraction faite des cendres.
10.	Feuilles de chêne récoltées en mai.	30.	5,3.	26,1.
11.	Feuilles de chêne récoltées en septembre.	26.	5,5.	21,69.
12.	Noix de galles du Levant.	30.	2.	28,57.
13.	Liége.	22.	0,87.	21,31.
14.	Plantes entières de rhododendron ferrugineum.	23,5.	1,6.	22,5.
15.	Terreau noir formé par la plante précédente.	31.	6,5.	26,2.
16.	Même terreau, dépouillé de son extrait par des décoctions réitérées.	33,25.	5,25.	28,58.
17.	Bois écorcé de sapin, (*Pinus abies.*)	20.	0,34, d'après Kirwan.	19,72.
18.	Feuilles du sapin précédent.	24,5.	3.	22,16.
19.	Terreau formé par les feuilles du sapin précédent.	52,5.	28.	34.

CARBONISATIONS.				
N.° des carbonisations.	NOMS des substances.	POIDS du charbon fourni par 100 parties de substance sèche.	POIDS des cendres contenues dans 100 parties de substance sèche.	POIDS du charbon fourni par 100 parties de substance sèche, abstraction faite des cendres.
20.	Bois de mûrier (*Morus nigra*) séparé de l'aubier.	23,25.	0,7.	22,7.
21.	Aubier appartenant au bois précédent.	17,25.	1,3.	16.
22.	Ecorce de l'arbre précédent.	25.	8,9.	17,68.
23.	Liber de l'écorce précédente.	18,1.	8,8.	10,19.
24.	Branches écorcées de coudrier (*Corylus avellana*); elles avaient un centimètre (5 lignes) de diamètre.	16,5.	0,5.	16,08.
25.	Ecorces des branches précédentes.	25,6.	6,2.	20,68.
26.	Feuilles du noisetier précédent, récoltées en mai.	29,25.	5,8.	24,9.
27.	Les mêmes, récoltées en juin	29,5.	6,2.	24,84.
28.	Les mêmes, récoltées en septembre.	28.	7.	22,58.

CARBONISATIONS.

N.° des carbonisations.	NOMS des substances.	POIDS du charbon fourni par 100 partie de substance sèche.	POIDS des cendres contenues dans 100 parties de substance sèche.	POIDS du charbon fourni par 100 parties de substance sèche, abstraction faite des cendres.
29.	Bois de charme (*Carpinus betulus.*)	17,75.	0,6.	17,25.
30.	Aubier appartenant au bois précédent.	17,5.	0,7.	16,92. Dans cet arbre, l'aubier étoit très-peu distinct du bois.
31.	Ecorce de l'arbre précédent.	30,5.	13,5.	19,74.
32.	Tourbe analysée par Klaproth.	38,75.	18,5.	23,62. Cette carbonisation faite dans une cornue de verre, peut n'être pas achevée.
33.	Tourbe de Hollande.	34,25.	21,3.	16,45.
34.	Plantes de froment, récoltées le 1.er mai, un mois avant leur floraison.	25.	7,9.	18,56.
35.	Les mêmes en fleurs, le 14 juin.	25.	5,4.	20,71.
36.	Les mêmes portant des graines en maturité le 22 juillet	26,6.	3,3.	19,95.
37.	Paille des plantes précédentes, séparée des graines.	23,6.	4,3.	20,13.
38.	Graines des plantes précédentes.	20,5.	1,3.	19,45.

CARBONISATIONS.

N.º des carbonisations.	NOMS des substances.	POIDS du charbon fourni par 100 parties de substance seche.	POIDS des cendres contenues dans 100 parties de substance sèche.	POIDS du charbon fourni par 100 parties de substance seche, abstraction faite des cendres.
39.	Farine de froment.	19,5.	0,82.	18,83.
40.	Son.	23,25.	5,2	19,04.
41.	Amidon.	10,75.	0,16.	10,6.
42.	Gluten.	22,75.	1,25.	21,77.
43.	Gomme arabique.	17,75.	2,5.	15,64.
44.	Gomme adragant.	16,75.	2.	15,05.
45.	Sucre crystallisé.	18,5.	0,1.	18,41.
46.	Papier blanc sans colle.	11.	0,88.	10,2.
47.	Toile de Hollande, lessivée plusieurs fois.	14.	3.	11,34.

La partie verte paraît se distinguer des autres parties des végétaux, par une plus grande proportion de carbone.

La proportion du carbone diminue en automne dans les parties vertes ; elles se dépouillent alors de leurs sucs glutineux et extractifs. Ces principes sont très-chargés de carbone, puisque l'on voit que le bois lavé, la toile, le papier, ne contiennent qu'une très-petite proportion de cet élément.

Le bois contient plus de carbone que l'aubier.

L'écorce contient ordinairement plus de carbone que le bois et l'aubier. Ce résultat n'est pas constant dans tous les arbres, parce que l'écorce n'est pas une substance homogène ; son épiderme seule se carbonise par le contact de l'air. Le liber et les parties intérieures du suber ne subissent souvent point cette modification par la même cause, et la proportion de leur carbone varie dans les différentes plantes, suivant des circonstances qu'il nous est impossible d'apprécier.

CHAPITRE SIXIÈME.

De la Végétation, dans des milieux dépourvus de Gaz oxygène.

En m'occupant dans les deux chapitres précédents de la décomposition que les végétaux peuvent éprouver après leur mort, j'ai interrompu la suite de mes recherches sur la végétation; mais cette digression était nécessaire pour que l'effet qui appartient à la plante morte ou à sa fermentation, pût être distingué de celui qui appartient à la végétation.

Le développement de plusieurs végétaux dans des milieux dépourvus de gaz oxygène, présente des phénomènes qui proviennent de ces deux effets réunis.

§. I.er

Des plantes qui ne peuvent pas soutenir leur végétation dans le gaz azote.

La végétation ne paraît pouvoir se soutenir à l'aide de l'eau dans du gaz azote pur, que

par le gaz oxygène que leurs parties vertes y exhalent.

Les plantes qui sont dépourvues de ces parties ou qui ne les possèdent qu'en petite quantité, ne peuvent végéter dans cette atmosphère. Ainsi les graines n'y germent point, et si l'on a cru trouver des exceptions à cette règle, c'est parce qu'on a employé pour ces épreuves une trop grande quantité d'eau qui, ne pouvant être dépouillée entièrement du gaz oxygène qui y est dissous ou interposé, en a fourni une dose suffisante pour un premier développement. Non-seulement la germination ne s'opère point dans le gaz azote, mais les graines toutes germées qu'on y place y meurent constamment, si elles n'ont poussé que leur radicule avant leur introduction dans ce gaz. J'ai fait ces expériences sur des graines de pois, de cresson de jardin, de cresson de fontaine, et de polygonum amphibium ; elles s'y sont toutes pourries sans s'y développer. Mais la plupart des plantes qui sont provenues de ces graines ont pu se soutenir et s'alonger indéfiniment dans ce gaz, lorsqu'elles y ont été introduites après avoir été abondamment pourvues de leurs parties vertes ou de leurs feuilles.

Des branches ligneuses de peuplier (*po-*

pulus nigra) et de saule (*salix alba*) dont les boutons à feuilles étaient prêts à s'ouvrir, n'ont pu opérer ce développement à l'aide de l'eau dans du gaz azote, soit au soleil, soit à l'ombre; elles y entraient en putréfaction au bout de quinze jours : ces mêmes branches se feuillaient au bout de trois ou quatre jours, lorsqu'elles étaient placées dans des circonstances d'ailleurs égales sous des récipients pleins d'air commun, et elles y soutenaient leur végétation pendant plusieurs semaines.

Une plante flétrie placée dans un lieu faiblement éclairé, dans un récipient plein d'air commun ou de gaz oxygène confiné par de l'eau, s'y couvre constamment de moisissure; elle n'en prend point dans du gaz azote. J'ai placé ces moisissures toutes formées dans ce gaz, elles n'y ont fait aucun progrès; mais il faut que le gaz soit parfaitement pur, car la moindre quantité de gaz oxygène suffit pour entretenir la végétation dans ces très-petites plantes.

Des roses, des lys, des œillets cueillis deux ou trois heures avant leur entier épanouissement, et qui l'opéraient en effet au bout de ce terme sous des récipients pleins d'air commun, n'ont pu l'achever à l'aide de l'eau dans du gaz azote. Elles s'y sont pourries dans le

même état de développement où elles ont été cueillies, et plus promptement que dans l'air commun : ces effets ont eu lieu également dans le vide.

Lorsqu'on a dit que la rose se conservait plus longtemps dans le vide que dans l'air commun, on a été trompé par de fausses apparences. Elle perd il est vrai plus tôt ses pétales dans ce dernier ; mais cette chute, qui est un effet naturel de la végétation, n'annonce dans la plante aucune décomposition. Les pétales tombés exhalent une odeur faible, mais agréable. Le contraire arrive dans le vide ou dans le gaz azote : une rose paraît y conserver longtemps sa forme et sa couleur; mais lorsqu'au bout de quinze jours on croit la retirer encore fraîche, elle exhale une odeur infecte; ses pétales sont corrompus, et l'on voit que cette vie apparente cachait une véritable mort.

§. II.

Des plantes qui peuvent végéter dans le gaz azote.

On ne trouve, comme je l'ai dit, que des plantes abondamment pourvues de parties vertes qui puissent végéter dans le gaz azote,

et celles-là mêmes n'y réussissent pas toutes également. Il m'a paru qu'il fallait qu'elles présentassent beaucoup de surface, et qu'elles fussent prises dans la classe de celles qui consument le moins de gaz oxygène, en végétant dans l'air atmosphérique à l'obscurité.

Le cactus opuntia, alimenté par de l'eau, a pu soutenir sa végétation au soleil pendant trois semaines dans le gaz azote, mais il a beaucoup souffert ; il y est mort à l'ombre dans cinq à six jours. Il en a été à-peu-près de même du sédum telephium. Ces plantes végètent pendant un temps illimité, sous des récipients pleins d'air commun.

Les plantes de pois qui ont pu résister pendant les quatre ou cinq premiers jours à une atmosphère de gaz azote (ce qui n'arrive pas toujours) ont continué à y végéter au soleil pendant des mois entiers, mais cette végétation n'y a jamais été que languissante.

Je rapporterai une expérience faite sur ces végétaux. On peut considérer son résultat comme une moyenne prise entre plusieurs observations.

Trois plantes de pois en partie développées, et qui pesaient, réunies, environ trois grammes, ont acquis tous un récipient plein d'air commun au soleil, en étant alimentées

par de l'eau pure, une augmentation de 1,27 grammes (24 grains) dans l'espace de dix jours. Quand des plantes semblables ont résisté à l'impression du gaz azote, elles n'ont pas acquis au soleil, pendant le même temps, une augmentation qui soit allée au de-là de 106 milligrammes (3 grains). Ces plantes placées dans le gaz azote à l'ombre, y sont mortes constamment dans les quatre premiers jours; elles se soutenaient pendant plusieurs semaines dans l'air commun.

Les pervenches mineures se sont soutenues, soit au soleil, soit à l'ombre, aussi longtemps dans le gaz azote que dans l'air commun, c'est-à-dire, pendant environ trois semaines: elles ne mouraient dans l'un et l'autre cas, que parce qu'elles ne pouvaient pas supporter une atmosphère trop humide.

Le lythrum salicaria, l'inula dysenterica, l'épilobium hirsutum, l'epilobium molle et montanum, le polygonum persicaria, qui sont toutes des plantes plus ou moins marécageuses, ont végété admirablement dans le gaz azote, et pendant un temps illimité elles y ont fait de très-grands développements, et précisément semblables à ceux qu'elles ont produits sous des récipients pleins d'air commun; elles ont pu même soutenir, pendant des mois entiers, leur

végétation dans du gaz azote exposé à une lumière faible, ou à l'abri de l'action directe du soleil. Je passe maintenant aux modifications que ces plantes font subir à cette atmosphère.

J'ai fait végéter au soleil le lythrum salicaria, dans 65 pouces cubes de gaz azote, qui ne souffrait aucune diminution par le gaz nitreux. Cette plante y déplaçait environ $\frac{1}{8}$ de pouce cube, et elle plongeait seulement par ses racines dans une once d'eau. Ce liquide n'avait aucune communication avec celui qui fermait le récipient. J'ai été obligé de renouveler cinq ou six fois la plante dans le cours de l'épreuve, parce qu'en s'alongeant elle allait se coller et se bruler contre les parois du vase qui la recouvrait. Au bout de deux mois, son atmosphère avait augmenté de 3, 4 pouces cubes. L'eudiomètre y indiquait alors $\frac{5}{100}$ de gaz oxygène. J'ai prolongé l'expérience encore pendant un mois dans cette atmosphère améliorée, mais la plante n'a plus continué à y ajouter du gaz oxygène. Le polygonum et d'autres plantes m'ont fourni des résultats analogues. Je me suis assuré en général, par plusieurs épreuves, que la quantité de gaz oxygène développé dans le gaz azote, n'est point en raison du séjour de la plante sous le

récipient, mais qu'elle en produit ordinairement dans les premières semaines une dose qui ne s'augmente plus dans les semaines suivantes, quoique la végétation y soit à toutes les époques, également vigoureuse.

Les plantes semblables que j'ai fait végéter pendant le même temps sous des récipients pleins d'air commun, n'y ont jamais ajouté de gaz oxygène.

Lorsque j'ai placé ces végétaux dans du gaz azote à une obscurité parfaite (1), en les renouvelant toutes les douze heures, pour que leur végétation ne fût pas languissante, ils n'ont point produit de gaz oxygène; ils ont augmenté leur atmosphère par du gaz acide carbonique qu'ils ont formé en entier de leur propre substance.

Si la même expérience se faisait dans l'air commun, le gaz acide se produisait encore,

(1) Le lythrum salicaria, le polygonum persicaria, et d'autres plantes marécageuses exposées à une lumière faible ou diffuse, ne laissent point de gaz acide carbonique dans leur atmosphère de gaz azote; elles y ajoutent du gaz oxygène: mais pour qu'elles produisent cet effet, et pour que leur végétation puisse se soutenir longtemps à cette exposition, il faut que la température ne soit pas trop élevée; car les plantes, comme les animaux, requièrent et consument d'autant moins de gaz oxygène, que la température est plus basse.

mais le volume de l'atmosphère n'en était ni augmenté ni diminué. Ce gaz avait alors une autre origine; il était formé par le carbone de la plante et le gaz oxygène environnant.

Ces observations nous montrent la source du gaz oxygène éliminé dans le gaz azote; il provient de la décomposition du gaz acide carbonique, que la plante forme en entier de sa propre substance. Lorsqu'elle s'est faite ainsi une atmosphère suffisante de gaz oxygène, elle n'en répand plus, parce que le gaz acide qu'elle produit alors et qu'elle décompose, est le résultat de l'union de son carbone avec un gaz oxygène tout formé; elle fait alors reparaître presqu'en totalité pendant le jour, celui qu'elle a fait disparaître pendant la nuit.

La petite quantité de gaz oxygène que le lythrum et le polygonum ont formé dans le gaz azote, était nécessaire pour opérer le développement de ces plantes; mais elle était très-supérieure à celle qu'elles requièrent pour soutenir leur végétation sans développement.

J'ai suspendu, à la partie supérieure d'un récipient qui contenait soixante pouces cubes de gaz azote, un mélange d'une partie de limaille de fer, de deux parties de fleur de

souffre, et d'une partie et demi d'eau (2). J'ai introduit en même temps dans cette atmosphère confinée par de l'eau, deux plantes de lythrum salicaria, qui déplaçaient, réunies, $\frac{1}{8}$ de pouce cube : leurs racines seules plongeaient sous le récipient, dans un petit vase, contenant deux centilitres d'eau : l'appareil a été exposé, dans une chambre, à l'action du soleil, modérée par le vitrage d'une fenêtre. Dix jours après, une des plantes est morte, l'autre a continué à végéter ou à se soutenir sans souffrir, sans laisser flétrir aucune feuille, pendant quatre mois, depuis le trois thermidor jusqu'au deux frimaire ; époque à laquelle j'ai retiré la plante aussi saine qu'avant son introduction. L'air du récipient n'a pu subir aucune diminution par le gaz nitreux. La plante n'a fait, pendant son confinement, aucun développement quelconque : sa végétation est restée, en quelque sorte, suspendue. C'est le seul effet qu'a produit, dans cette expérience, le sulfure. La même plante s'allongeait de 5 ou 6 pouces, au bout de dix

(2) Chaque partie équivalait ici à 11,5 grammes (3 gros.) La juste proportion de l'eau est une condition essentielle pour que le composé ait une action énergique sur le gaz oxygène.

jours, dans du gaz azote où cette substance n'était point. La soustraction du gaz oxygène développé par le lythrum, a mis seule obstacle à son développement. Les vapeurs d'hydrosulfure n'ont eu aucune part à cet effet. Car des plantes semblables se sont considérablement alongées avec du sulfure de fer, sous un récipient plein d'air commun, que je renouvelais tous les trois jours.

Une plante de polygonum persicaria, s'est comportée, pendant cinq semaines, à très peu près comme le lythrum, sous un récipient plein de gaz azote, dans lequel j'avais suspendu de l'hydrosulfure de potasse concentré ; elle n'a fait aucun développement, elle a perdu deux feuilles dans le voisinage de ses racines ; elle n'est morte, après l'époque assignée, que par l'action d'un coup de soleil trop fort, dont je n'ai pas eu la précaution de la garantir.

Les plantes que j'ai fait végéter dans du gaz azote au soleil, y sont mortes beaucoup plus promptement que dans l'air commun, par l'action de la chaux vive ou de la potasse suspendue dans leur voisinage.

Il est singulier de voir les plantes marécageuses, résister à l'effet d'un hydrosulfure qui leur enlève le gaz oxygène, et ne pas résister à l'action de la chaux, qui leur enlève le gaz

acide carbonique. Mais il faut observer que l'hydrosulfure ne leur enlève le gaz oxygène qu'après sa formation ; tandis que la chaux ou la potasse leur enlève ce même gaz avant son dégagement.

La surabondance de gaz acide carbonique, est beaucoup plus nuisible aux plantes qui végètent dans le gaz azote, qu'à celles qui végètent dans l'air commun. J'ai dit ailleurs, que le gaz acide carbonique mêlé dans la proportion d'un douzième à l'air atmosphérique, où j'ai fait végéter au soleil des plantes de pois, était favorable à leur développement. Il n'a point nui, dans les mêmes circonstances, aux plantes marécageuses. Mais elles n'ont jamais pu supporter ce mélange dans les proportions indiquées, avec le gaz azote pur ; elles y sont mortes au bout de peu de jours, ainsi que les plantes de pois. L'élaboration d'une certaine dose de gaz oxygène, paraît donc nécessaire pour l'élaboration d'une certaine dose de gaz acide. Celui-ci devient toujours nuisible aux végétaux, lorsqu'ils ne peuvent pas le décomposer.

Priestley a cru reconnaître que plusieurs plantes ont la propriété d'absorber le gaz azote dans lequel elles végètent. Il a annoncé qu'une plante d'épilobium hirsutum,

placée dans un récipient de 10 pouces de haut et d'un pouce de large, avait absorbé, au bout d'un mois, les sept huitièmes de l'air atmosphérique qu'il contenait (3).

Ingenhoutz n'a pas borné cette faculté à un petit nombre de végétaux : il a observé (4) que toutes les plantes qui végétaient dans le gaz azote, lui faisaient subir une diminution sensible dans un petit nombre d'heures. J'ai suivi, avec beaucoup de soins, la végétation de l'épilobium hirsutum, soit dans l'air commun, soit dans le gaz azote pur, en employant les procédés indiqués par Priestley pour cette expérience (5), et en la prolongeant beaucoup plus ; mais je n'ai su apercevoir aucune diminution dans le gaz azote après la soustraction du gaz oxygène qui s'y était formé. Il en a été de même pour tous les autres végétaux que j'ai soumis aux mêmes

---

(3) Exper. and. observ. on diff. Kinds of airs, vol. 3, p. 332.

(4) Expér. sur les Végétaux, vol. 2, p 146.

(5) Le procédé consiste à planter le végétal dans un pot plein de terre végétale, à submerger ce pot et l'origine de la tige dans l'eau au-dessous de la tablette de la cuve, et à couvrir le reste de la plante avec un récipient plein d'air. Elle fait alors de beaucoup plus grands développements que lorsqu'elle a ses racines dans l'eau pure. J'ai été obligé, par cette raison, de renouveler la plante à plusieurs reprises.

épreuves. Les plantes ne condensent donc point sensiblement le gaz azote : les expériences de MM. Senebier et Woodhouse confirment cette assertion.

Si l'azote est un être simple, s'il n'est pas un élément de l'eau, on doit être forcé de reconnaître que les plantes ne se l'assimilent que dans les extraits végétaux et animaux et dans les vapeurs ammoniacales (6), ou d'autres composés solubles dans l'eau qu'elles peuvent absorber dans le sol et dans l'atmosphère. On doit admettre que lorsqu'elles végètent dans une atmosphère non renouvelée, à l'aide d'une petite quantite d'eau pure, les parties qui se développent n'acquièrent de l'azote qu'aux dépens de celui que les autres parties du végétal contenaient antérieurement à l'expérience.

---

(6) On ne peut douter de la présence des vapeurs ammoniacales dans l'atmosphère, lorsqu'on voit que le sulfate d'alumine pur finit par se changer, à l'air libre, en sulfate ammoniacal d'alumine. La supériorité des engrais animaux sur les engrais végétaux, ne semble devoir tenir en grande partie qu'à une plus grande proportion d'azote dans les premiers.

§. III.

De la végétation dans le gaz oxyde de carbone (7). (*Hydrogène oxycarburé de Berthollet.*)

J'ai préparé ce gaz en distillant, à une chaleur rouge, dans un canon de fusil, un mélange fait à parties égales de spath calcaire et de limaille de fer. Le fluide aériforme obtenu après avoir été dépouillé de gaz acide carbonique, contenait $\frac{1}{100}$ de gaz oxygène, que j'ai séparé par de l'hydrosulfure de potasse.

Les plantes ont végété dans le gaz oxyde de carbone, comme dans le gaz azote ; celles qui étaient dépourvues de parties vertes, y sont mortes. La végétation des plantes de pois développées, y a été languissante au soleil ;

---

(7) L'opinion qui admet la présence de l'hydrogène comme un principe essentiel du gaz oxyde de carbone, repose peut-être encore sur des observations trop indirectes, pour pouvoir être admise avec certitude. — J'observerai cependant, en faveur de l'hydrogène oxycarburé, qu'il est singulier que les végétaux ne décomposent point le gaz oxyde de carbone, et qu'ils ne réduisent jamais directement, ou sans la présence du gaz hydrogène, le gaz acide carbonique en gaz oxyde de carbone.

elle n'a pu s'y soutenir à l'ombre. L'épilobium hirsutum, le lythrum salicaria, le polygonum persicaria, y ont prospéré parfaitement, et comme dans l'air commun. Après avoir végété pendant six semaines, dans ce gaz, au soleil, elles ne l'ont point décomposé, elles ont augmenté son volume comme celui du gaz azote, par une quantité proportionnelle de gaz oxygène. Dans une obscurité parfaite elles augmentaient cette atmosphère par du gaz acide carbonique.

§. IV.

De la végétation dans le gaz hydrogène.

Toutes les graines que j'ai éprouvées, sans aucune exception, ne germent pas dans le gaz hydrogène, lorsqu'on les y place avec une petite quantité d'eau. M. Senebier a observé qu'elles y produisent une diminution de volume très-considérable. Elles opèrent cet effet en se putréfiant. Le fluide aériforme, résidu de cette condensation, est du gaz oxyde de carbone. Le gaz acide carbonique qu'elles forment de leur propre substance, est décomposé par le gaz hydrogène, à l'aide du calorique

dégagé dans la fermentation ; il se forme de l'eau, et le gaz acide, dépouillé d'une partie de son oxygène, se trouve changé en gaz oxyde de carbone.

La végétation des plantes vertes, se soutient, à très-peu près, dans le gaz hydrogène comme dans le gaz azote. Les plantes qui languissent dans celui-ci, languissent dans le gaz hydrogène, et celles qui prospèrent dans le premier, prospèrent dans le second. S'il y a quelque différence entre la vigueur des plantes qui végètent dans ces deux gaz, il m'a paru qu'elle était en faveur de la végétation dans le gaz azote. On a dit que les plantes qui végétaient dans le gaz hydrogène, y prenaient une couleur verte plus foncée : je n'ai point su apercevoir cet effet.

J'ai observé constamment que les plantes marécageuses, telles que le lythrum salicaria, le polygonum persicaria, que j'ai fait végéter au soleil pendant cinq ou six semaines dans du gaz hydrogène, n'y ont laissé que peu ou point de gaz oxygène ; tandis qu'elles en laissaient toujours à cette époque quinze ou vingt fois leur volume dans le gaz azote. Cet effet provient, très-probablement, de ce que les plantes ne peuvent point décomposer en

totalité, dans le gaz hydrogène, tout le gaz acide carbonique qu'elles y forment, parce qu'une grande partie de ce gaz acide est lui-même décomposé par le gaz hydrogène. Il se produit, comme je l'ai déjà dit, par cette décomposition de l'eau et du gaz oxyde de carbone. Le gaz oxygène qu'elles auraient éliminé sans le gaz hydrogène, se trouve caché dans ces deux composés. Cent parties (60 pouces cubes) de gaz hydrogène, qui avaient servi d'atmosphère, pendant cinq semaines, à une plante de lythrum salicaria, exposée au soleil, n'ont pu être diminuées sensiblement par le gaz nitreux. Le fluide aériforme ne contenait point alors de gaz acide carbonique : mais, lorsque je l'ai brûlé par l'étincelle électrique avec une juste proportion de gaz oxygène, il a laissé, pour résidu, de l'eau, trois parties de gaz acide et quatre parties de gaz azote. Du gaz hydrogène, dans lequel il n'y avait point eu de plantes, et qui était placé à côté du précédent, dans les mêmes circonstances, n'a pas produit une quantité sensible de gaz acide carbonique dans sa combustion.

Le volume de l'atmosphère du lythrum a diminué pendant sa végétation, mais au même degré que le gaz hydrogène qui était confiné

par de l'eau (8), et qui n'était point en contact avec le lythrum. Si l'on considère que cette plante a formé du gaz oxyde de carbone, et que cette addition n'a pas été sensible par un accroissement de volume dans le fluide aériforme que contenait le récipient, on trouve qu'il y a eu ici une compensation, et que le gaz hydrogène a été diminué par l'effet de la végétation. Il ne paraît point que les plantes aient absorbé ce gaz. Elles l'ont condensé en formant de l'eau par une voie indirecte.

§. V.

De la végétation dans le vide.

Quelques graines peuvent donner dans le vide produit par les meilleures pompes pneumatiques, l'indice d'un commencement de germination : cet effet n'est point surprenant, puisqu'il est démontré que ce vide ne peut pas

(8) J'ai tenu, pendant un an, du gaz hydrogène dans un récipient qui contenoit de l'eau, et qui reposait sur du mercure. L'eau a absorbé environ son propre volume de gaz, mais pas davantage. Lorsque j'ai supprimé le fluide métallique, il n'y a point eu de limites dans l'absorption du gaz hydrogène par l'eau. Il est bien probable que, comme l'a pensé Guyton, ce gaz était abandonné par l'eau à l'air atmosphérique.

être complet, et parce que d'ailleurs ces machines même les plus parfaites ne joignent jamais assez exactement pour s'opposer entièrement à l'introduction de l'air extérieur. La pompe dont j'ai fait usage faisait un vide où le baromètre se soutenait d'abord à trois quarts de ligne, lorsqu'il n'y avait point d'eau dans le récipient; il montait d'une ligne par l'introduction insensible de l'air extérieur dans l'espace de vingt-quatre heures. Les pois y germaient au bout de douze jours, lors même que je faisais de nouveau le vide chaque jour; mais le développement n'est jamais allé au-delà de la première apparition de la radicule.

Les plantes de pois toutes développées et munies de leurs feuilles, ainsi que les féves et les haricots, sont mortes constamment au bout de trois jours dans le vide, soit au soleil, soit à l'ombre; elles périssaient également dans le gaz azote à l'ombre; mais elles s'y soutenaient souvent au soleil. Aucune plante à feuilles minces ne m'a paru pouvoir soutenir sa végétation dans le vide au soleil. Les articulations ou les feuilles les plus épaisses du cactus opuntia, se sont soutenues, pendant plus d'un mois, dans le vide au soleil; leur épiderme seule s'y est en partie desséché. Ces feuilles ont repris leur vigueur, lorsqu'après

cette épreuve, je les ai plantées dans la terre végétale : les feuilles les moins épaisses du cactus sont mortes au bout de quelques jours dans le vide au soleil.

Une plante de polygonum persicaria d'un pied de haut, dont les racines plongeaient dans une once d'eau, a été placée dans le vide dont j'ai parlé, et que je faisais de nouveau chaque jour; elle s'y est alongée de plusieurs pouces : elle n'en a été retirée qu'au bout de six semaines, aussi saine qu'elle était avant l'expérience, si l'on en excepte deux ou trois feuilles qui avaient jauni dans le voisinage des racines. J'ai obtenu les mêmes résultats avec l'épilobium molle, l'épilobium hirsutum, le lythrum salicaria, l'inula dysenterica; toutes ces plantes prospéraient aussi bien dans le vide que sous un récipient plein d'air commun. Leur transpiration était égale dans les deux circonstances.

Les expériences dont je viens de parler ont été faites au grand jour, mais à l'abri de l'action directe du soleil : les plantes s'y flétrissaient dès qu'elles lui étaient exposées, même lorsque les rayons étaient faibles, et qu'ils ne produisaient aucun effet sur des plantes semblables renfermées dans des récipients pleins d'air commun ou de gaz azote pur. Il est pro-

bable que les plantes ne se soutiennent dans le vide qu'à l'aide du gaz oxygène renfermé dans leur parenchyme, et que le soleil les fait souffrir en chassant ce gaz par la dilatation qu'il lui fait éprouver. Les rayons solaires n'exercent pas la même influence sur les plantes dans le gaz azote, parce que le gaz oxygène qu'elles contiennent y est comprimé par tout le poids de l'atmosphère.

Les plantes ne paraissent se soutenir et se développer dans le vide, qu'à l'aide du gaz oxygène éliminé par les parties vertes. Les graines qui n'ont que leurs radicules y meurent. Les plantes ligneuses n'ont pu y faire ouvrir leurs boutons à feuilles au printemps.

Les boutons de rose, de lys, d'œillet, y ont été comme paralysés. On voit que les plantes se comportent sous beaucoup de rapports dans le vide comme dans le gaz azote, le gaz hydrogène, etc. La suppression du poids de l'atmosphère, ou la dilatation que doit éprouver la plante par cette suppression, ne paraît pas avoir d'influence bien sensible sur sa végétation. La soustraction seule du gaz oxygène lui est nuisible.

R É S U M É.

Les plantes pourvues de leurs parties vertes paraissent seules pouvoir végéter dans des milieux dépourvus de gaz oxygène, parce qu'elles y répandent ce gaz. Lorsqu'on le leur enlève à mesure qu'elles le forment, on arrête leur développement. La quantité de gaz oxygène que quelques-unes requièrent pour se soutenir sans se développer, est inappréciable.

Les plantes n'absorbent point le gaz azote; elles n'absorbent pas non plus le gaz hydrogène : elles diminuent un peu par la quantité de ce dernier, mais cette diminution tient à ce que le gaz hydrogène décompose le gaz acide carbonique formé par la plante. Le résultat de cette décomposition est de l'eau et du gaz oxyde de carbone.

Les parties vertes laissent moins de gaz oxygène dans le gaz hydrogène que dans le gaz azote.

Les plantes vertes qui végètent dans le gaz oxyde de carbone au soleil, ne le décomposent point; elles y ajoutent du gaz oxygène.

Les plantes vertes végètent dans le vide de la pompe pneumatique, comme dans le gaz azote, pourvu que l'expérience se fasse à l'abri de l'action directe des rayons solaires.

CHAPITRE SEPTIÈME.

De la fixation et de la décomposition de l'Eau par les végétaux.

§. I.er

Recherches sur la fixation de l'eau par des plantes qui végètent dans de l'air atmosphérique, depouillé de gaz acide carbonique.

Les auteurs qui se sont occupés de la question de la décomposition de l'eau par les végétaux, n'ont avancé à ce sujet que des conjectures qui n'ont pu être appuyées par aucune expérience directe. M. Senebier n'a jamais vu produire à une plante privée du contact du gaz acide carbonique, un volume de gaz oxygène qui excédât le volume même du végétal. (Physiologie végétale, vol. III, pag. 228 et suiv.) Cet effet lui a paru trop petit pour prouver la décomposition de l'eau. Il a reconnu d'ailleurs que cette petite quantité de

gaz oxygène, inférieure au volume de la feuille, était due au gaz acide carbonique niché dans son parenchyme. Ce savant physiologiste ne rejette cependant point cette décomposition par les végétaux ; il la croit probable par de très-savantes considérations, et par des inductions tirées de la germination de quelques graines dans de l'eau pure sans le contact apparent du gaz oxygène : mais cette observation, fût-elle juste, ne serait point encore une preuve. J'ai montré que ce résultat devait être attribué à l'air dissous dans l'eau et étranger à sa composition. Ingenhoutz regardait l'eau comme une substance simple. Cependant quelques-unes de ses observations semblent propres à indiquer la décomposition de ce fluide. Il a vu des plantes grasses améliorer une atmosphère d'air commun non renouvelé ; mais comme ses moyens eudiométriques n'étaient pas susceptibles de donner des quantités absolues, comme le volume du végétal et celui du gaz produit ne sont point connus, on peut croire toujours que le volume du gaz oxygène éliminé est inférieur au volume de la plante mise en expérience. Spallanzani (1), qui a obtenu les mêmes résultats

(1) Journal de Physique, pluviose an 7.

avec des plantes grasses submergées dans de l'eau de chaux, nous laisse encore dans l'incertitude sur le volume du végétal. M. Senebier, en analysant, en répétant ces dernières épreuves, a bien fait voir qu'elles n'étaient pas concluantes, par les mêmes raisons que celles que j'ai rapportées plus haut.

Le célèbre Berthollet, dont le jugement est toujours d'un si grand poids, a admis la décomposition de l'eau dans la végétation, mais plutôt par le raisonnement que par de nouvelles expériences. Plusieurs auteurs, qu'il serait superflu de citer, ont admis cette décomposition, mais sans preuves, et sans même discuter la question.

Les plantes qui végètent à l'aide de l'eau pure, dans du gaz oxygène ou dans de l'air commun, qui a été avant l'expérience lavé par l'eau de chaux, peuvent y augmenter leur poids dans l'état de verdeur, lorsqu'elles s'y développent, sans perdre ou sans laisser sécher aucune de leurs parties. Ce résultat ne prouve ni la décomposition de l'eau, ni même la fixation de l'oxygène et de l'hydrogène de l'eau dans la plante : elle peut augmenter de poids par la seule introduction de l'eau liquide ou de végétation dans les vaisseaux séveux ou dans le tissu cellulaire; car l'expérience a

prouvé depuis longtemps que cette eau peut augmenter dans les plantes en raison de l'humidité du sol et de leur étiolement.

On peut juger si la substance sèche ou solide des végétaux s'accroît par la fixation des principes constituants de l'eau, en faisant sécher à la température atmosphérique une plante semblable et égale en poids à celle que l'on doit faire végéter, en vase clos, à l'aide de l'eau pure et du gaz oxygène, et en voyant si la plante qui vient de végéter dans ces circonstances pèse plus dans l'état sec que si elle eût été séchée avant l'expérience, ou que la plante sèche qui lui sert de comparaison. Il est superflu d'ajouter que les deux plantes doivent être récoltées, au même degré de maturité, sur le même sol, et qu'elles doivent être toujours pesées aux mêmes degrés du thermomètre et de l'hygromètre.

Les expériences multipliées que j'ai faites par ces procédés, m'ont prouvé que les plantes qui végètent à l'aide de l'eau seule, en vase clos, dans de l'air atmosphérique, dépouillé de gaz acide carbonique, n'y augmentent presque point le poids de leur substance végétale, dans l'état sec, et que, si elles l'augmentent, c'est d'une quantité très-petite, très-limitée, ou, en d'autres termes, qui ne peut

pas être augmentée par une végétation plus longtemps continuée. Parmi les nombreuses tentatives que j'ai faites à ce sujet, je choisis celles qui m'ont donné lès résultats les plus prononcés.

J'ai placé, au mois de juin, dans un récipient contenant 4,95 litres ou 250 pouces cubes d'air commun, dépouillé de son gaz acide carbonique, trois plantes de lysimaque (lysimachia vulgaris), dont les racines plongeaient sous le récipient dans un centilitre d'eau distillée. Elles étaient exposées à l'action successive de la nuit et du soleil modéré dans sa trop grande intensité ; ces plantes pesaient vertes 6,96 grammes ou 129 $\frac{1}{4}$ grains, et elles déplaçaient 10 centimètres cubes ou $\frac{1}{2}$ pouce cube.

J'ai récolté d'autres lysimaques, d'un poids égal à celui que je viens d'indiquer, et je les ai fait sécher à la température atmosphérique. Leur substance végétale sèche a pesé 2,05 grammes (38 $\frac{1}{2}$ grains) sous un degré déterminé par le thermomètre et par l'hygromètre : ces plantes avaient été arrachées dans le même temps et dans le même lieu que celles qui végétaient sous le récipient.

Au bout de huit jours j'ai sorti ces dernières de leur confinement : elles étaient parfaite-

ment saines ; elles s'étaient alongées, et elles n'avaient sensiblement changé l'air qui les environnait, ni en pureté ni en volume; elles pesaient alors, étant vertes, 7,43 grammes (141 grains), et, après avoir eté séchées au même degré que les précédentes 2,159 grammes ($40 \frac{1}{2}$ grains). Elles avaient donc augmenté leur matière végétale sèche de 2,159 — 2,05 = 109 milligrammes ou de deux grains (2). Si ces 109 milligrammes n'eussent été formés que de l'hydrogène de l'eau, les plantes auraient dû éliminer sous le récipient tout l'oxygène auquel ces 109 milligrammes d'hydrogène auraient du avoir été combinés ; c'est-à-dire au moins 436 centimètres cubes ou 22 pouces cubes de gaz oxygène, quantité qui aurait été trop frappante, soit par l'accroissement du volume de l'air, soit par l'épreuve eudiométrique. Or, comme elles n'ont pas éliminé une quantité de gaz oxygène qui ait pu être appréciée dans cette expérience, il en résulte qu'elles se sont assimilées, outre l'hy-

---

(2) Dans ces deux grains, est compris l'oxygène que la plante s'est assimilée dans l'air atmopshérique ; mais la quantité de gaz acide carbonique que la plante a formé, et qu'elle a décomposé pour cette assimilation, est si petite, que je ne puis pas faire entrer en compte cette addition dans mon résultat.

drogène de l'eau, la presque totalité de son oxygène.

L'expérience que je viens de rapporter a été répétée, en la prolongeant pendant un temps double et triple; c'est-à-dire, en faisant végéter la plante, en vase clos pendant quinze jours et un mois; mais les lysimaques d'un poids égal aux précédentes, n'ont jamais pu augmenter leur substance végétale de plus de 2 grains, souvent même elles ne l'ont point augmenté du tout, quoiqu'elles se soient alongées de plusieurs pouces.

Sept plantes de pervenche (vinca minor. L.) qui pesaient réunies 7,855 grammes ou 148 grains, et qui contenaient 2,375 grammes (44 $\frac{3}{4}$ grains) de matière végétale sèche, ont été placées sous un récipient, dans des circonstances pareilles à celles de l'expérience précédente; elles déplaçaient 10 centimètres cubes ($\frac{1}{2}$ pouce cube). Ces plantes n'y ont pas subi la mondre altération; elles n'ont changé leur atmosphère, ni en pureté ni en volume; elles ont pesé alors, après leur desséchement, 46 $\frac{1}{2}$ grains: leur matière végétale sèche s'est donc augmentée de 93 milligrammes (1 $\frac{3}{4}$ grain), qui ne peuvent être attribués à la seule assimilation du gaz hydrogène de l'eau, puisque cet effet aurait supposé une élimina-

tion de 19 pouces cubes de gaz oxygène, qui n'ont point paru. J'ai répété plusieurs fois cette expérience, en la prolongeant beaucoup; mais l'assimilation de l'eau en végétal, n'a jamais été plus considérable.

Deux plantes de menthe aquatique, qui pesaient vertes 157 grains, ont augmenté de 17 grains leur poids dans l'état de verdeur, en végétant en vase clos, à l'aide de l'eau pure, dans de l'air atmosphérique; mais elles n'ont accru leur matière végétale sèche au plus que d'un grain. En prolongeant l'épreuve pendant un temps plus long, sur d'autres plantes semblables, cette augmentation n'a pas été plus considérable. Dans cette expérience, comme dans les précédentes, l'atmosphère de la plante n'a changé ni en pureté ni en volume.

Je dois observer que je n'ai tenu compte que des résultats dans lesquels les plantes n'ont point souffert; car pour peu que la végétation soit languissante, elles perdent de leur poids loin d'en acquérir.

§. II.

Fixation de l'eau par les plantes qui végètent dans un mélange d'air commun et de gaz acide carbonique.

La fixation de l'eau dans les expériences précédentes, a fourni des résultats si petits, qu'ils ne sont presque pas hors des limites des erreurs d'observation ; mais je crois que la cause n'en est pas difficile à expliquer. Il est très-probable que les quantités d'oxygène et d'hydrogène ne peuvent pas être augmentées au-delà de certaines limites, dans les végétaux, sans que la proportion de leur carbone s'accroisse en même raison. J'ai fait en conséquence végéter des plantes dans un mélange d'air commun et de gaz acide carbonique, pour leur assimiler du carbone. Les résultats alors, toutes les fois que la végétation n'a point souffert, ont été plus prononcés. Les plantes ont augmenté évidemment leur matière végétale sèche, d'une quantité plus grande que celle qu'elles puisaient dans les éléments du gaz acide.

Je reviens, à cette occasion, aux mêmes

expériences que j'ai rapportées Chap. II, §. IV, sur la décomposition du gaz acide carbonique. Je n'en ai pas donné alors tous les détails. On a vu, Expér. I.re, que sept plantes de pervenche qui avaient végété, à l'aide de l'eau pure, dans un mélange d'air commun et de gaz acide carbonique, s'étaient assimilées le carbone contenu dans 431 centimètres cubes (21 $\frac{3}{4}$ pouces cubes) de gaz acide carbonique, ou une quantité de carbone égale, suivant Lavoisier, à 217 milligrammes (4, 2 grains); elles se sont appropriées de plus, dans le même gaz, 139 centimètres cubes (7 pouces cubes) de gaz oxygène; mais je dois négliger cette dernière assimilation, parce qu'elles ont perdu, en revanche, une quantité égale de gaz azote. Les deux effets contraires se compensent à très-peu près. Ces plantes pesaient, vertes, avant l'expérience, 8,955 grammes (168 $\frac{3}{4}$ grains) et elles contenaient 2,707 grammes (51 grains) de matière végétale sèche. Elles en ont fourni par leur desséchement, après la décomposition du gaz acide, 3,237 grammes (61 grains). Elles ont donc augmenté leur matière végétale sèche de 531 milligrammes (10 grains) sur lesquels il n'y a que 217 milligrammes (4,2 grains), qui puissent être attribués au gaz

acide. Les pervenches ont donc fixé ou solidifié, dans cette expérience, 315 milligrammes (5, 8 grains) d'eau.

Deux plantes de menthe aquatique, Chap. II, §. IV, Expér. II, ont décomposé 309 centimètres cubes (15, 6 pouces cubes) de gaz acide carbonique, qui contiennent, suivant Lavoisier, 159 milligrammes (3 grains) de carbone. Elles fournissaient, avant l'expérience, 1,698 grammes ou 32 grains de matière végétale sèche, et après l'expérience, 2,016 grammes ou 38 grains de la même substance; elles ont donc augmenté leur matière végétale sèche de 318 milligrammes ou 6 grains, dans lesquels 159 milligrammes (3 grains) doivent être attribués à la fixation de l'eau.

Ces résultats requièrent des conditions qui ne se rencontrent que rarement : il faut que la plante reste saine dans toutes ses parties : si une seule des feuilles se flétrit sous le récipient, ou si les racines souffrent, le poids de la plante se trouve souvent diminué dans l'état sec, quoiqu'elle ait décomposé une grande quantité de gaz acide carbonique.

§. III.

De la décomposition de l'eau par les végétaux.

Puisque les plantes s'approprient l'oxygène et l'hydrogène de l'eau, on peut présumer qu'elles doivent, dans certaines circonstances, exhaler l'oxygène qui a servi d'élément à ce liquide. Les végétaux morts, entassés, qui fermentent sans le contact de l'air, forment, en entier, du gaz acide carbonique de leur propre substance. Dans cette opération, et à l'aide de la chaleur qui se produit pendant la fermentation, l'oxygène de l'eau fixée ou solidifiée pendant la végétation, s'unit au carbone pour produire du gaz acide; et les plantes végétantes, en décomposant ce dernier, éliminent l'oxygène qui avait appartenu primitivement à l'eau. Mais il ne paraît pas que, dans aucun cas, elles la décomposent directement, en s'appropriant son hydrogène, et en dégageant immédiatement son autre élément, dans l'état de gaz oxygène.

Les plantes vertes qui végètent jour et nuit dans du gaz azote, y répandent plusieurs fois leur volume de gaz oxygène, parce qu'é-

tant privées du contact de ce gaz dans les premières périodes de cette végétation, elles forment en entier, de leur propre substance, du gaz acide carbonique qu'elles décomposent. Mais les mêmes plantes, ou du moins celles qui ne sont pas charnues, n'ajoutent point de gaz oxygène à une atmosphère d'air commun ou de gaz oxygène où elles végètent jour et nuit; et ce n'est que dans ces atmosphères qu'on peut juger si elles décomposent directement l'eau, parce que le gaz acide carbonique qu'elles y forment, est le résultat de la combinaison de leur carbone avec le gaz oxygène environnant, et nullement le produit entier de leur propre substance (3).

---

(3) Les résultats des expériences suivantes ne sont pas opposés à ceux que je viens d'annoncer. J'ai fait végéter au soleil, pendant trois semaines, à l'aide de l'eau, sous deux récipients égaux pleins d'air commun, deux plantes de menthe aquatique. J'ai placé dans chaque récipient, à côté de la plante végétante, une menthe flétrie non desséchée et absolument morte; mais, dans l'un des récipients, cette menthe flétrie était recouverte par l'eau qui servait à le fermer, tandis que dans l'autre récipient, la menthe flétrie était suspendue dans l'air qui y était contenu. La plante qui végétait dans le voisinage de cette dernière, n'a point amélioré son atmosphère; tandis que celle qui végétait avec la plante submergée, a ajouté plusieurs fois son volume de gaz oxygène à l'air commun qui l'environnait. La différente origine du gaz acide

J'ai mis végéter à l'aide de l'eau, pendant quatre mois au soleil, dans 40 pouces cubes d'air atmosphérique fermé par de l'eau et du mercure, le lythrum salicaria; j'y ai renouvelé plusieurs fois cette plante, pour qu'elle n'y subit aucune altération. Après cette longue épreuve, l'air du récipient contenait $\frac{1}{100}$ de gaz oxygène de moins, qu'avant d'avoir été soumis à l'action de la végétation, et cependant elle y a été toujours très-vigoureuse.

J'ai fait végéter de la même manière, et dans des circonstances égales, pendant trois mois, des polygonum persicaria, et l'air commun qui les environnait n'a subi aucune amélioration, aucun changement sensible.

Toutes les autres plantes à feuilles minces que j'ai soumises aux mêmes épreuves, m'ont donné les mêmes résultats.

Le seul effet qui puisse surprendre, c'est qu'elles n'aient pas vicié plus sensiblement leur atmosphère, en absorbant son gaz oxygène, dans la décomposition du gaz acide qu'elles y formaient. Mais il faut observer

---

carbonique produit par les plantes flétries dans ces deux circonstances, explique ces résultats. La plante qui était submergée fournissait le gaz acide en entier de sa propre substance, tandis que celle qui était dans l'air ne fournissait que le carbone du gaz acide.

que les racines submergées dans une eau non renouvelée, étant privées du contact du gaz oxygène, doivent produire en entier, de leur propre substance, une petite quantité de gaz acide carbonique, et que la décomposition de ce dernier, par les feuilles, peut compenser à très-peu près l'absorption du gaz oxygène.

J'ai remarqué en effet souvent dans ces expériences, que les racines laissaient dégager une petite quantité d'air, surtout lorsqu'elles étaient exposées au soleil. A l'ombre, ce gaz était absorbé par la plante, à mesure qu'il était produit.

Si les plantes trouvaient dans l'eau une quantité superflue de gaz oxygène, elles élimineraient, en décomposant du gaz acide carbonique, tout l'oxygène de celui-ci; mais les expériences rapportées dans le Chap. II, ont prouvé qu'elles s'assimilaient une partie de cet oxygène. Celui qu'elles trouvaient dans l'eau qui les alimentait, ne suffisait donc pas à leur nutrition.

Le cactus opuntia, et probablement d'autres plantes grasses (4), paraît, au premier

---

(4) J'ai soumis aux mêmes épreuves le sempervivum tectorum, la stapelia variegata, le sedum telephium; mais ils n'ont pas pu supporter assez longtemps sans souffrir, une atmosphère très-humide.

aperçu, présenter des résultats qui font exception à ceux que je viens d'annoncer. Le cactus peut, en végétant jour et nuit sous le même récipient plein d'air atmosphérique, antérieurement dépouillé de gaz acide carbonique, émettre plusieurs fois son volume de gaz oxygène : j'ai fait sur cette plante l'expérience suivante ; je l'ai répétée quatre fois dans les mêmes circonstances et avec les mêmes résultats. Les détails que je vais rapporter montreront l'exactitude de mes procédés.

J'ai cueilli, en juin, au coucher du soleil, une feuille ou une articulation de cactus, qui déplaçait 15 centimètres cubes ($\frac{3}{4}$ pouce cube); elle a été placée dans un verre à pied, dont le fond contenait 10 centimètres cubes ou $\frac{1}{2}$ pouce cube d'eau distillée ; la feuille touchait seulement par sa pointe ou son extrémité cunéiforme, la surface de ce liquide.

Le tout a été couvert par un récipient assez alongé, pour que le changement d'un quart de pouce cube, dans le volume de l'air atmosphérique qu'il contenait, pût être sensible. Cet air, dépouillé de gaz acide carbonique, y occupait 847 centimètres cubes (42 $\frac{3}{4}$ pouces cubes). Lorsque l'eau contenue dans le verre s'est trouvée assez épuisée pour être hors du contact du cactus, j'ai pu, sans le

sortir, lui en fournir une nouvelle quantité, en plongeant et en soulevant le récipient dans de l'eau bouillie. Il était fermé par ce fluide qui remontait dans son intérieur, et le fond de la cuvette sur laquelle il reposait, était rempli de mercure. Au bout de 31 jours, j'ai retiré la plante, qui paraissait aussi saine que lorsque je l'avais mise en expérience ; elle avait poussé des racines de 2,7 décimètres (1 pouce) de long, et son atmosphère s'était augmentée de 69 centimètres cubes ($3\frac{1}{2}$ pouces cubes). L'eudiomètre indiquait, dans les 917 centimètres cubes ($46\frac{1}{4}$ pouces cubes) d'air, (en prenant un résultat moyen entre cinq observations), 25 centièmes de gaz oxygène, et avant l'introduction de la plante, 21 centièmes du même gaz. Cette atmosphère ne contenait point de gaz acide carbonique. Il résulte de ces données, que le cactus avait éliminé, dans l'espace d'un mois au soleil, trois fois et demi son volume de gaz oxygène qui ne pouvait être attribué qu'à la décomposition de l'eau.

Mais il ne paraît point que la plante ait opéré directement cette décomposition, ou qu'elle se soit appropriée immédiatement l'hydrogène de l'eau, en éliminant son oxygène. Un examen approfondi porte à croire

qu'elle a produit seulement au soleil du gaz acide carbonique en entier de sa propre substance, et qu'elle a décomposé ce gaz.

Il faut observer, 1.° que les parties intérieures du cactus, en raison de son peu de surface et du défaut de porosité de son épiderme (5), ne sont point en contact immédiat avec le gaz oxygène, lorsque le soleil en a expulsé l'air libre qui s'y est introduit ; elles sont à-peu-près, après cette expulsion, dans les mêmes circonstances que, si on les soumettait à la distillation en vase clos, ou que si elles végétaient dans du gaz azote, elles forment en entier du gaz acide carbonique de leur propre substance. Il n'en est pas de même des feuilles minces ; toutes leurs parties sont en contact avec l'air ambiant, non-seulement parce que leur parenchyme est moins épais, mais encore parce que leur épiderme est, toutes choses d'ailleurs égales, criblé d'un beaucoup plus grand nombre de pores. L'amélioration que le cactus fait subir à son atmosphère est très-petite ; elle n'é-

(5) L'épiderme des feuilles des plantes grasses a beaucoup moins de pores que celui des feuilles des autres plantes. On doit à M. Decandolle cette curieuse observation.

quivaut, au bout de vingt quatre heures, dans les circonstances les plus favorables, qu'à la 13.e partie du volume de la feuille.

2.° Une expérience directe m'a prouvé que le cactus n'émettait du gaz oxygène, que par la décomposition du gaz acide carbonique. J'ai fait végéter, pendant un mois, des cactus dans les mêmes circonstances que celles où ils ont produit trois fois et demi leur volume de gaz oxygène ; mais j'ai suspendu, à la partie supérieure du récipient, un vase plein de potasse : le cactus alors n'a plus ajouté du gaz oxygène à son atmosphère, il ne l'a nullement changée, et la potasse est devenue effervescente : la plante cependant n'a nullement souffert ; elle a poussé des racines comme dans l'expérience précédente. La potasse, dans cette épreuve, n'enlevait point au végétal le gaz acide carbonique qu'il formait à l'obscurité avec le gaz oxygène environnant : le cactus retenait ce gaz acide dans son épais parenchyme : la potasse n'enlevait à la plante, que le gaz qu'elle formait de sa propre substance. J'ai vu, en mettant de l'eau de chaux sous le récipient, que ce dernier gaz acide n'était produit qu'au soleil.

3.° J'ai montré dans le Chap. II, §. IV, Exp. V, que le cactus qui végète à l'aide de

l'eau, dans un mélange d'air commun et de gaz acide carbonique, retient, comme les autres plantes, en décomposant ce dernier, une partie considérable de l'oxygène qui y est contenu. Cette plante ne trouve donc pas, dans l'eau seule, une dose suffisante d'oxygène : elle est donc bien éloignée, dans les circonstances les plus favorables à sa végétation, de devoir rejeter cet élément de l'eau comme superflu.

4.° J'ai cherché, avec le plus grand soin, si les cactus qui avaient émis trois fois et demi leur volume de gaz oxygène, en végétant pendant un mois dans de l'air atmosphérique dépouillé de gaz acide carbonique, avaient, dans cette opération, augmenté leur matière végétale sèche (6) : mais je n'y ai trouvé aucune addition ; il m'a même paru que cette substance avait subi constamment une petite diminution de poids.

RÉSUMÉ.

Les plantes s'approprient l'oxygène et l'hydrogène de l'eau, en lui faisant perdre l'état

(6) Pour dessécher le cactus, je l'ai plongé pendant quelques instants dans l'eau bouillante, et je l'ai exposé ensuite au soleil.

liquide. Cette assimilation n'est bien prononcée, que lorsqu'elles s'incorporent en même temps du carbone.

L'eau fixée ou solidifiée par les végétaux, ne peut perdre vraisemblablement son oxygène, sous forme de gaz, qu'après la mort de la plante ou d'une de ses parties. Lorsque les végétaux qui se sont assimilés l'oxygène et l'hydrogène de l'eau, viennent à fermenter, sans avoir un libre contact avec le gaz oxygène, ils forment alors du gaz acide carbonique, en entier de leur propre substance. L'oxygène de l'eau fixée, peut s'unir à leur carbone pour former ce gaz acide ; et les plantes ou les parties végétantes, en dégageant l'oxygène de ce dernier, éliminent médiatement un principe qui avait appartenu primitivement à l'eau.

Ainsi par le concours de la végétation et de la fermentation opérée sans le contact de l'air, l'eau peut laisser dégager son principal élément, dans l'état de gaz oxygène.

Mais les plantes, dans aucun cas, ne décomposent directement l'eau, en s'assimilant son hydrogène, et en éliminant son oxygène dans l'état de gaz ; elles n'exhalent du gaz oxygène, que par la décomposition immédiate du gaz acide carbonique.

Les plantes à feuilles minces, qui végètent à l'aide de l'eau pure, dans un mélange de gaz oxygène et de gaz azote, à l'action successive du soleil et de la nuit, n'y ajoutent point de gaz oxygène, et ne donnent aucun indice extérieur d'eau directement décomposée. On ne peut attribuer à la décomposition immédiate de l'eau, le gaz oxygène qu'elles émettent dans le gaz azote pur ou sous l'eau, parce qu'elles forment en entier, de leur propre substance, du gaz acide carbonique, toutes les fois qu'elles se trouvent dans un milieu dépourvu de gaz oxygène.

Quelques plantes grasses, en végétant dans de l'air commun dépouillé de gaz acide carbonique, ajoutent à cette atmosphère, une quantité de gaz oxygène, qui excède plusieurs fois leur volume; mais ce gaz, quoique pouvant avoir appartenu primitivement à l'eau, ne provient, en dernière analyse, que de la décomposition du gaz acide carbonique qu'elles forment en entier au soleil, de leur propre substance: car, lorsqu'on met dans leur voisinage une substance susceptible d'absorber ce gaz acide, elles n'ajoutent plus de gaz oxygène au milieu où elles végètent jour et nuit; elles ne donnent plus aucun indice d'eau directement décomposée, quoique leur végé-

tation soit vigoureuse. La propriété exclusive qu'ont les plantes grasses de former du gaz acide carbonique de leur propre substance, vient du peu de porosité de leur épiderme, ou du peu de contact qu'ont leurs parties intérieures avec le gaz oxygène environnant.

On ne saurait douter que la plus grande partie de l'hydrogène que les plantes annuelles acquièrent en se développant à l'air libre à l'aide de l'eau distillée, n'ait son origine dans ce liquide, qu'elles solidifient. On en doit dire autant de leur oxygène ; car on peut juger, soit par le gaz acide carbonique que ces plantes peuvent décomposer dans un temps donné, soit par le peu d'altération qu'elles font subir à l'air commun, que la quantité d'oxygène qu'elles puisent dans les gaz atmosphériques, n'est point suffisante pour rendre raison de celui qu'elles acquièrent dans le court espace de leur développement. Il ne faut pas oublier que l'eau est le produit le plus abondant de la décomposition de la plupart des végétaux secs, ou que l'oxygène est leur principal élément.

CHAPITRE HUITIÈME.

De l'absorption des dissolutions par les racines des Plantes.

§. I.er

L'eau et le gaz sont des aliments insuffisants pour opérer l'entier développement des végétaux.

Les racines des plantes sont des filtres trop serrés pour qu'elles puissent absorber d'autres substances que des fluides. Si elles admettent des solides, il faut qu'ils soient tellement atténués, tellement divisés, que leur diffusion dans le liquide ait tous les caractères d'une véritable dissolution (1). Les recherches sur

(1) J'ai nourri pendant un mois trente plantes de polygonum persicaria et de menthes poivrées, avec de l'eau distillée, à laquelle j'avais ajouté un poids déterminé de silice très-divisée, et qui y restait en partie

l'absorption des dissolutions par les végétaux, sont très-importantes pour la théorie de leur nutrition, parce qu'elles nous conduisent à estimer la quantité et le genre de nourriture qu'ils peuvent s'assimiler dans le sol par leurs racines.

Tull, Vanhelmont, et même quelques naturalistes modernes, ont cherché à montrer que les végétaux ne puisaient que de l'eau dans la terre végétale (2), et que les engrais

---

en suspension, à l'aide d'une petite quantité de sucre, dissoute dans le liquide. Je n'ai pas trouvé après l'expérience, soit par l'incinération des plantes, soit par l'examen exact du résidu de la liqueur sucée, que cette terre ait penétré d'une manière sensible dans le végétal. Bonnet a fait absorber de l'encre à quelques végétaux; mais la partie colorante non dissoute n'a été absorbée qu'en quantité impondérable. Elle aurait passé beaucoup plus abondamment par les filtres les plus parfaits que nous puissions former.

(2) Je crois inutile de faire ici l'énnumération des expériences de Vanhelmont, de Tillet, de Bonnet, de Duhamel, qui ont été les principaux appuis de cette théorie. L'imperfection de leurs procédés a été suffisamment démontrée par Bergmann, Kirwan et Hassenfratz: ils ont remarqué surtout que les vases dans lesquels Tillet et Vanhelmont faisaient végéter des plantes, étaient poreux et enfouis dans de la terre végétale, qui pouvait influer sur les résultats obtenus par ces auteurs. Le chêne, de Duhamel, était arrosé avec une eau naturellement chargée de principes extractifs; les plantes de Bonnet ont eu pour support des substances végétales plus ou moins solubles dans l'eau.

agissaient seulement sur le sol, en fournissant aux plantes un soutien plus ou moins propre à retenir la chaleur et l'humidité. Ces auteurs ont supposé que la force vitale, tant animale que végétale, pouvait, en décomposant ou en combinant de diverses manières l'air atmosphérique et l'eau, produire toutes les substances, même les sels, les terres et les métaux que l'analyse et l'incinération démontrent dans les végétaux. Cette idée confuse n'est pas plus susceptible d'être prouvée que celle de faire de l'or avec des substances qui n'en contiennent point. Avant d'avoir recours à des transmutations inintelligibles, miraculeuses, et en opposition avec toutes les observations connues, il faut s'assurer avec exactitude que les plantes ne puisent et ne trouvent point ces principes tout formés dans les milieux où elles se développent.

D'autres auteurs se sont plus rapprochés de la vraisemblance, en supposant que tous les éléments des végétaux, en exceptant l'eau, leur étaient fournis en état de gaz. Mais si l'on s'en rapporte aux résultats directs de l'observation cette hypothèse ne peut se soutenir en entier. Le gaz oxygène et le gaz acide carbonique sont les seuls principes aériformes à nous connus dont les plantes puissent s'ali-

menter dans notre atmosphère. L'expérience prouve que la plupart d'entr'elles ne s'assimilent point le gaz azote, et cependant l'azote fait une partie essentielle des végétaux : on le trouve constamment dans le bois, dans les extraits, et dans la partie colorante verte. Les plantes contiennent des terres qui peuvent contribuer à former, comme dans les animaux, leurs parties solides ou osseuses; et l'on ne peut point prouver que ces substances existent sous l'état aériforme dans notre atmosphère, mais on les y voit en état de suspension et de vapeurs; mais on démontre qu'elles se trouvent dans les sources qui ont lavé les terres végétales et qui pénètrent dans les racines. On démontre encore que ces mêmes sources tiennent en dissolution des principes extractifs, dont l'azote fait une partie essentielle; que la fertilité du sol est, sous certains rapports et dans certaines limites, subordonnée à la quantité et à la nature des principes solubles à l'eau, qu'il contient. On reconnaît enfin, que les végétaux, en s'appropriant ces principes, finissent par l'épuiser ou par le rendre stérile.

Les plantes qui croissent naturellement sur des rochers arides ou sur du sable pur, trouvent, dans les débris des végétaux et des ani-

maux qui flottent dans notre atmosphère, les aliments que les gaz qui la composent ne sont point susceptibles de fournir. Ces corpuscules se déposent sur les feuilles, se dissolvent dans l'eau qu'elles condensent et pénètrent dans leur intérieur. L'eau des pluies absorbée par les racines, est chargée des mêmes principes.

Les végétaux qui peuvent se développer entièrement en puisant ainsi dans notre atmosphère toute leur subsistance, ne sont qu'en très-petit nombre. Une nourriture aussi peu abondante ne peut suffire qu'à ceux qui ont une organisation adaptée à leur situation; qu'à ceux qui sont vivaces, et dont le développement très-lent peut être proportionné à la petite quantité d'aliments qu'ils s'assimilent. La plupart d'entr'eux, tels que les mousses, les fougères, les plantes grasses, les pins, sont toujours verts : leurs feuilles décomposent, pendant toute l'année, du gaz acide carbonique; elles offrent constamment des points d'arrêt aux corpuscules qui flottent dans notre atmosphère; elles transpirent peu; elles sont ou coriaces ou succulentes, et dans ces deux états, elles ne perdent qu'une petite quantité de leur carbone par l'action du gaz oxygène environnant. Mais on ne trouve presque point de plantes annuelles sur un sol

dépourvu de terre végétale, leur accroissement ou leur développement doit être trop prompt pour qu'elles puissent trouver dans notre atmosphère la grande quantité d'aliments qu'elles consument.

Elles languissent dès qu'elles ont épuisé la nourriture contenue dans la substance même de leurs graines. J'ai essayé de faire développer des semences de féve, de haricot, de pois, de cresson, en leur donnant pour support du sable pur ou du crin de cheval contenu par des entonnoirs qui laissaient filtrer l'eau distillée surabondante dont je les arrosais. Elles ont fleuri le plus souvent, mais leurs graines n'ont jamais pu mûrir. J'ai cependant varié ces expériences avec tout le soin possible pendant cinq années consécutives. Giobert, Hassenfratz et d'autres naturalistes m'avaient précédé dans les mêmes recherches sans obtenir des résultats plus heureux.

Ceux qui croient que l'air atmosphérique et l'eau sont les seuls principes et les seuls aliments des végétaux, objectent que le sable, le crin, et d'autres supports semblables, n'offrent point des milieux susceptibles de fournir la quantité d'eau déterminée pour soutenir la végétation.

Cette objection serait fondée si plusieurs

observations ne prouvaient pas qu'un sol peut être dépourvu en grande partie de ses principes végétatifs, sans qu'on puisse le distinguer du sol le plus fertile, par des qualités physiques, par celles de retenir la chaleur et l'humidité, de se laisser pénétrer par les racines, et de leur servir d'appui. Ainsi, il est reconnu qu'une terre très-délavée par les eaux de source ou de pluie, perd de sa fertilité; cependant ce sol conserve la même apparence, la même couleur, la même pesanteur, la même consistance. Lorsque j'ai dépouillé, Chap. V, §. II, du terreau presque pur de la plus grande partie de ses principes extractifs, il a conservé ses caractères extérieurs. Cependant sa fertilité a diminué. S'il était possible de priver entièrement le terreau de ses parties végétales solubles, on l'assimilerait peut-être à du sable pur sous le rapport de ses facultés végétatives; mais cette spoliation absolue est impossible, et l'on ne peut raisonner ici que par approximation.

Si les engrais favorisaient principalement la nutrition végétale par les gaz qu'ils développent, un champ qui n'est point ensemencé et qui ne produit aucun végétal, devrait s'épuiser autant que celui qui alimente une riche moisson : toutes les opérations agricoles prou-

vent cependant le contraire ; on trouve que les récoltes appauvrissent le sol, et qu'elles produisent plus ou moins cet effet suivant leur nature. En général, les plantes annuelles très-chargées de substance végétale et dont la transpiration est abondante, épuisent plus le sol que les plantes vivaces, dont le développement est moins rapide, et que les plantes annuelles à feuilles succulentes, qui transpirent peu, telles que les pois, les féves, le blé noir (3).

On peut faire une autre observation qui est une conséquence de la précédente, et qui doit lui servir de preuve ; c'est que toutes choses d'ailleurs égales, les plantes les plus épuisantes, sont celles qui requièrent le sol le plus riche en principes nutritifs.

§. II.

Les plantes absorbent-elles en même raison que l'eau, les substances qui sont en dissolutions dans ce liquide.

J'ai préparé plusieurs dissolutions qui contenaient chacune sur 793 centimètres cubes,

(3) Bibliothèque Britannique. (*Mémoires sur la culture du Blé. Agriculture, vol. 5, p. 499.*)

ou 40 pouces cubes d'eau distillée, 637 milligrammes, ou 12 grains de la substance que j'indiquerai. Je supposerai ces 12 grains égaux à cent parties.

La 1.re dissolut. conten. 100 part. de muriate de potasse.
La 2.e .... de muriate de soude.
La 3.e .... de nitrate de chaux.
La 4.e .... de sulfate de soud. effleur.
La 5.e .... de muriate d'ammoniaq.
La 6.e .... d'acétate de chaux.
La 7.e .... de sulfate de cuivre.
La 8.e .... de sucre crystallisé.
La 9.e .... de gomme arabique.
La 10.e .... 25 part. d'extrait de terreau (4).

J'ai mis tremper dans chacune d'elles des plantes de polygonum persicaria ou de bidens cannabina, pourvues de leurs racines. J'ai consacré surtout à ces recherches des plantes marécageuses, afin qu'elles souffrissent moins

---

(4) Je n'ai pas fait dissoudre dans de l'eau, de l'extrait sec et antérieurement préparé, parce qu'en opérant ainsi, la dissolution tient toujours en suspension la partie de l'extrait qui s'est précipitée pendant l'évaporation ; mais j'ai fait infuser à froid du terreau dans de l'eau : l'évaporation d'une partie de cette infusion m'a fait connaître que celle dans laquelle je faisais végéter les plantes, contenait 25 parties d'extrait. Les résultats obtenus avec les sels, sont plus exacts qu'avec l'extrait, le sucre et la gomme, parce que ces combinaisons végétales se corrompent toujours un peu par le contact des racines.

de la surabondance d'eau qui devait les alimenter. J'ajouterai qu'avant de les mettre en expérience, je les ai fait reprendre, pendant quelques jours, dans de l'eau distillée, jusqu'à ce que leurs racines commençassent à s'alonger.

Les plantes de polygonum ont végété à l'ombre, pendant cinq semaines, dans les dissolutions de muriate de potasse, de nitrate de chaux, de muriate de soude, de sulfate de soude, et d'extrait de terreau, en y développant leurs racines : elles ont toujours langui dans le muriate d'ammoniaque, sans y faire aucun développement; elles n'ont pu se soutenir dans l'eau sucrée qu'en renouvelant la dissolution qui se putréfiait très-promptement : elles sont mortes, au bout de huit ou dix jours, dans l'eau gommée, et dans la dissolution d'acétate de chaux; elles n'ont pu vivre plus de deux ou trois jours dans la dissolution de sulfate de cuivre.

Les bidens ont suivi, à très-peu près, la même marche dans ces différentes dissolutions. Ils y résistaient, en général, moins que les polygonum.

Lorsque j'ai cherché dans quelle proportion les substances dissoutes étaient absorbées relativement à l'eau, par la succion qu'en fai-

saient les racines, j'ai employé les mêmes dissolutions; mais j'ai mis fin à l'expérience, dès que les plantes avaient sucé précisément la moitié du liquide qui les alimentait, soit 397 centimètres cubes (20 pouces cubes) de la dissolution. Elles y étaient en assez grand nombre pour que cette absorption se fît dans l'espace de deux jours. Si elle se fût opérée dans un temps plus long, les racines se seraient putréfiées dans les dissolutions qui ne leur convenaient pas. D'ailleurs, le sucre, la gomme, l'extrait de terreau auraient pu perdre par la fermentation la plupart de leurs principes.

L'analyse des 397 centimètres cubes (20 pouces cubes) de la dissolution que les plantes laissaient dans chaque vase après la succion, m'a indiqué la quantité de sels (5) dont elles

---

(5) Les dissolutions salines ont été analysées par les réactifs avec plus d'exactitude que par toute autre procédé. Je m'étais assuré que 100 parties du muriate de potasse que j'employais, formaient, par le nitrate d'argent, un précipité égal à .... 187 ½ part.
100 part. de muriate de soude, par le même réactif. 232 ½
.... de muriate d'ammon. par le même réactif. 270
.... de nitrate de chaux, par oxal. de potasse. 78
.... d'acétate de chaux, par le même réactif. 81 ½
.... de sulf. de soud. effl. par acétate de Baryte. 167 ½
.... de sulfate de cuivre, par le même réactif. 94 ½

s'étaient chargées ; elles en auraient pris 50 parties, si la succion des substances salines se fût faite en même raison que l'eau. Mais j'ai trouvé que le polygonum n'avait absorbé, en suçant la moitié du liquide consacré aux expériences, que

14,7 parties	de muriate de potasse.
13	de muriate de soude.
4	de nitrate de chaux.
14,4	de sulfate de soude.
12	de muriate d'ammoniaque.
8	d'acétate de chaux.
47	de sulfate de cuivre.
9	de gomme.
29	de sucre.
5	d'extrait de terreau.

Le bidens avait absorbé,

16 parties	de muriate de potasse.
15	de muriate de soude.
8	de nitrate de chaux.
10	de sulfate de soude.
17	de muriate d'ammoniaque.
8	d'acétate de chaux.
48	de sulfate de cuivre.
32	de sucre.
8	de gomme.
6	d'extrait de terreau.

Les dissolutions de gomme, de sucre et d'extrait de terreau, ont été évaporées à siccité. Le résidu a été pesé.

On voit, en général, que les plantes ont absorbé toutes les substances que je leur ai présentées ; mais qu'elles ont sucé l'eau en beaucoup plus grande raison que les corps qui y étaient dissous. On voit encore qu'elles n'ont point pris constamment en plus grande quantité dans cette eau, les aliments qui leur convenaient le mieux. Le sulfate de cuivre, qui était le plus nuisible, a été le plus absorbé. La gomme, l'acétate de chaux, qui étaient très-défavorables à la végétation, n'ont passé qu'en petite quantité dans les plantes.

J'ai répété plusieurs fois ces expériences, soit dans les mêmes proportions, soit dans d'autres, et j'ai toujours obtenu les mêmes résultats généraux. Les plantes ont toujours absorbé plus de muriates et de sulfates alcalins, que d'acétate de chaux et de nitrate de chaux ; elles ont toujours absorbé plus de sucre que de gomme ; mais les résultats ont varié dans le détail ; les quantités absolues de sels de gomme, de sucre, absorbées, n'ont jamais été les mêmes dans deux expériences semblables. Je me suis bientôt aperçu que les anomalies provenaient du différent état des racines qui absorbaient plus de matière dissoute, lorsqu'elles étaient moins vigoureuses. J'ai essayé de les retrancher, et les plantes ont alors souf-

fert très-promptement dans toutes les dissolutions, et elles ont absorbé deux ou trois fois plus de la substance tenue en dissolution par l'eau que dans les expériences précédentes.

Je crois qu'on doit surtout attribuer la très-grande absorption du sulfate de cuivre, à la désorganisation qu'il faisait subir aux racines. On verra, en effet, par les résultats suivants, que l'addition de ce sel, à une dissolution d'acétate de chaux ou de nitrate de chaux, fait pénétrer ces derniers dans les plantes en plus grande quantité, que s'ils eussent été isolés ou mêlés avec un sel qui fût moins nuisible à la végétation, que le sulfate de cuivre.

§. III.

Les plantes absorbent-elles, dans un liquide contenant plusieurs substances en dissolution, certaines substances préférablement à d'autres.

Je n'ai offert jusqu'à présent à la même plante, dans une dissolution, qu'un seul sel; je lui en présenterai maintenant plusieurs, et je verrai si elle en fera des secrétions particulières. J'ai fait dissoudre, dans 793 cen-

timètres cubes ou 40 pouces cubes d'eau, deux ou trois sels différents, pesant chacun 637 milligrammes ou 12 grains. Je suppose toujours ces 12 grains égaux à 100 parties. Dans ces expériences, comme dans les précédentes, j'ai analysé le résidu de la dissolution, lorsqu'elle a été réduite, par la succion, précisément à la moitié de son volume : la quantité de sel contenue dans ce résidu, retranchée de celle que contenait le liquide avant l'introduction des plantes, m'a indiqué la quantité de sel qu'elles avaient absorbé : le polygonum a absorbé 11,7 parties de sulfate de soude, et 22 parties de muriate de soude, en suçant, jusqu'à moitié, une dissolution qui contenait 100 parties ou 637 milligrammes de chacun de ces sels. Le bidens a absorbé, dans une dissolution semblable, 7 parties de sulfate de soude, et 20 parties de muriate de soude. On comprendra, d'après cet exemple, les résultats que j'expose dans la table suivante.

POIDS des substances dissoutes dans l'eau avant l'expérience.	POIDS des substances dont le polygonum s'est chargé en absorbant la moitié de l'eau de dissolution.	POIDS des substances dont le bidens s'est chargé en absorbant la moitié de l'eau de dissolution.
100 part. de sulfate de soude effl. . . . . . de muriate de soude. .	11,7. 22 (6).	7. 20.
100 part. de sulfate de soude effl. . . . . . de muriate de potasse.	12. (7) 17.	10. 17.
100 part. d'acétate de chaux. . . . . de muriate de potasse.	8 $\frac{1}{4}$ 33 (8).	5. 16.
100 part. de nitrate de chaux. . . . . de muriate d'ammoniaq.	4 $\frac{1}{2}$ 16 $\frac{1}{2}$	2. 15.
100 parties d'acétate de chaux . . . . . . de sulfate de cuivre.	31. 34.	35. 39.
100 parties de nitrate de chaux. . . . . . . de sulfate de cuivre.	17. 34.	9. 36.
100 parties de sulfate de soude. . . . . . . de muriate de soude. . . . . . . d'acétate de chaux.	6. (9) 10. quantité inappréc.	13. 16. quantité inappréc
100 parties de gomme . . . . de sucre.	26. 34. (10)	21. 46.

(6) J'ai précipité le résidu de la succion par l'acétate de Baryte; la liqueur décantée a ete précipitée par le nitrate d'argent.

(7) L'analyse a été faite par le même procédé. On voit que j'ai fait sucer aux plantes des sels qui se décomposent mutuellement; mais cette décomposition ne s'est point effectuée ici, parce que les dissolutions étaient trop étendues. Berthollet a démontré que l'échange des principes n'avait lieu que lorsqu'il était déterminé par la force de cristallisation, ou, ce qui revient au même, par l'insolubilité de la nouvelle combinaison.

(8) Le résidu de la succion a été divisé en deux parties égales; l'une a été précipitée par l'oxalate de potasse, et l'autre par le nitrate d'argent.

(9) Le résidu de la succion a été divisé en deux parties égales, l'une a été précipitée par l'oxalate de potasse, et l'autre par l'acétate de Baryte. Après la séparation du sulfate de Baryte, la liqueur décantée a été précipitée par le nitrate d'argent.

(10) J'ai fait évaporer le résidu en consistance de sirop, et j'y ai jeté de l'alcohol qui a dissous le sucre et précipité la gomme. Une expérience comparative m'a fait voir que la gomme précipitée retenait obstinément environ le quart de son poids de sucre. Les résultats que j'ai donnés ont été corrigés suivant ce principe.

J'ai répété quelques-unes de ces expériences sur la menthe poivrée, le pin d'Écosse et le genièvre commun; les résultats généraux ont été les mêmes, les sels qui ont été les plus absorbés par le bidens et le polygonum, l'ont été aussi par les autres plantes. Il y a eu des différences dans les poids absolus de sels absorbés : elles doivent exister sans doute pour des végétaux qui ne se ressemblent point; mais les plantes de même espèce présentent, à cet égard, de si fréquentes anomalies, que je n'ai pas pu assigner, avec certitude, ces différences au genre de végétal que j'éprouvais.

La section des racines, leur décomposition, et en général la langueur de la végétation, favorise l'introduction des substances tenues en dissolution par l'eau dans le végétal.

J'ai fait absorber des dissolutions à des plantes dont j'avais coupé les racines; elles n'ont plus fait alors d'une manière aussi prononcée, les secrétions mentionnées ci-dessus; elles ont absorbé, presqu'indifféremment, tous les sels que je leur ai présentés; elles les ont tous absorbés en grande quantité, et presqu'en même raison que l'eau de dissolution. La gomme, l'acétate de chaux, le sulfate de cuivre, les ont fait périr au bout de sept ou

huit heures, et je n'ai pu achever l'épreuve, dans les autres dissolutions, qu'en renouvelant à plusieurs reprises les plantes qui se flétrissaient. Les plantes pourvues de leurs racines absorbent donc, dans une même dissolution, certaines substances préférablement à d'autres : elles se chargent, par exemple, constamment en plus grande quantité du muriate de soude et du muriate de potasse, que de l'acétate de chaux et du nitrate de chaux ; elles prennent, dans une dissolution de sucre et de gomme, plus de sucre que de gomme, etc. Toutes ces substances ne pénètrent point dans le végétal, en raison de leur influence sur la végétation. Elles sont absorbées dans une proportion beaucoup moindre que l'eau qui les tient en dissolution.

Je serais porté à admettre, que la plante en absorbant une substance préférablement à une autre dans le même liquide, ne produit presque point cet effet en vertu d'une sorte d'affinité ; mais en raison du degré de fluidité ou de viscosité des différentes substances. On trouve, en effet, que l'eau distillée est plus fluide, ou qu'elle passe plus facilement ou plus promptement par un filtre, que de l'eau qui tient en dissolution du mu-

riate ou du sulfate de soude (11). On trouve que l'acétate de chaux et que le nitrate de chaux forment, avec les mêmes quantités d'eau, des dissolutions plus visqueuses, et qui passent plus difficilement par un filtre que les muriates et les sulfates alcalins. Ces derniers ont toujours été absorbés par le végétal plus abondamment que les premiers. La gomme plus visqueuse que le sucre, a été absorbée en plus petite quantité. Mais il faut supposer que les racines sont des filtres excessivement serrés, et beaucoup plus parfaits que ceux que nous formons ordinairement ; car, lorsqu'on jette, sur un filtre composé de plusieurs doubles de papier, une dissolution qui contient de l'acétate de chaux et du muriate de potasse, et lorsqu'on interrompt cette filtration dès que la moitié du liquide s'est écoulée,

---

(11) Pour que ces effets soient sensibles, il faut que les dissolutions soient plus concentrées que celles que j'ai fait absorber aux plantes. Il me paraît probable qu'une dissolution saline étendue d'eau n'est pas toujours une combinaison homogène, mais un mélange d'eau saturée et d'eau non saturée. Il est bien connu qu'une dissolution de muriate de soude étendue d'eau et abandonnée à un repos parfait, devient plus dense et plus salée au fond du vase qu'à sa surface. *(Voyez le Memoire de M. Leblanc, sur la Crystallotechnie. Journal de Physique, an 11.)*

on ne trouve pas que cette moitié contienne moins d'acétate de chaux, que celle qui est restée sur le filtre. Il en est de même pour une dissolution de sucre et de gomme.

Les racines n'ont point sensiblement décomposé les sels que je leur ai fait absorber ; je n'ai jamais trouvé qu'un acide ou un alcali soit devenu libre dans le résidu de la succion.

Je me suis convaincu, par l'incinération, que les sels avaient effectivement pénétré dans la substance du végétal. J'ai fait végéter, avec de l'eau distillée, des plantes de polygonum pourvues de leurs racines, et qui pesaient, étant vertes, 173,13 grammes ou 3262 grains. J'ai fait végéter d'autres polygonum, d'un poids précisément égal, avec 1,58 litres d'eau qui tenait en dissolution 3 grammes ou 56 $\frac{1}{2}$ grains de muriate de potasse. A mesure que les plantes épuisaient la dissolution, je la remplaçais par de l'eau distillée: elles ont aussi bien prospéré que dans l'eau pure. Au bout de trois semaines j'ai mis fin à l'expérience, et j'ai trouvé, en analysant le résidu de la succion, que les plantes avaient fait disparaître 1,59 grammes ou 30 grains de muriate de potasse, desséché à une chaleur rouge.

Elles pesaient alors, après leur dessèche-

ment, 39,8 grammes (750 grains); et elles ont produit, par leur combustion, 4,246 grammes ou 80 grains de cendres.

Les polygonum qui avaient végété dans l'eau distillée, pesaient, après leur dessèchement, 38,851 grammes (132 grains): ils ont produit 2,76 grammes ou 151 grains de cendres.

Les plantes avaient donc augmenté leurs cendres d'une quantité, à très-peu près, égale à celle du muriate de potasse qui avait disparu dans la dissolution. J'ai analysé ces cendres, et j'y ai retrouvé, par le nitrate d'argent, tout l'acide muriatique contenu dans les sels ajoutés. Le muriate de potasse n'avait point été décomposé. La quantité absolue de potasse libre, n'était pas plus grande dans les cendres du polygonum, qui avait absorbé de l'eau pure, que dans les cendres du polygonum qui avait absorbé du muriate de potasse; cette expérience, répétée sur le bidens, m'a fourni des résultats à très-peu près semblables. On voit que les mêmes végétaux, peuvent contenir des quantités de sels très-différentes, et que l'on ne peut pas compter avec trop de rigueur sur les tables construites, pour assigner à chaque plante une certaine proportion de cendres ou de sels. Ces déterminations

ne peuvent être exactes, qu'autant que les végétaux ont crû sur le même sol, et qu'ils y ont végété pendant le même temps.

§. IV.

Considérations sur les substances salines ou minérales, qui entrent dans la composition des végétaux.

Plusieurs auteurs ont admis que les substances minérales qu'on trouve dans les végétaux, n'y sont qu'accidentelles, et nullement nécessaires à leur existence; parce qu'ils ne les contiennent qu'en très-petite quantité. Cette opinion, vraie sans doute pour les substances qui ne se rencontrent pas toujours dans la même plante, n'est point démontrée pour celles qui y existent constamment. Leur petite quantité n'est pas un indice de leur inutilité. Le phosphate de chaux contenu dans un animal, ne fait peut-être pas la cinq centième partie de son poids : personne ne doute cependant que ce sel ne soit essentiel à la constitution de ses os. J'ai trouvé ce même sel dans les cendres de tous les végétaux où je l'ai recherché, et nous n'avons aucune raison pour affirmer qu'ils puissent exister sans lui.

On a souvent conclu de ce que quelques sels, dans certaines proportions, sont nuisibles à certaines plantes, que tous les sels, dans toutes les proportions, sont nuisibles à la végétation. Mais l'observation ne confirme que rarement ces idées systématiques et générales ; elle prouve que plusieurs plantes requièrent un aliment salin, mais qu'il doit être modifié dans sa quantité et dans ses principes, suivant la nature du végétal qui doit l'absorber. Duhamel a reconnu que les plantes marines languissent dans un sol dépourvu de muriate de soude : ce sel nuit au blé dans les mêmes proportions où il est utile aux plantes précédentes. La pariétaire, l'ortie, la bourrache, ne prospèrent que là où elles trouvent du nitrate calcaire ou du nitrate de potasse. Le sulfate de chaux accélère le développement de la luzerne, du trèfle, de l'esparcette : il ne produit aucun effet sur plusieurs autres plantes. On a cru que les sels ne favorisaient la végétation, que parce qu'ils hâtaient la putréfaction des substances végétales mortes épandues sur le sol, ou que parce qu'ils attiraient l'humidité de l'air ; mais le sulfate de chaux n'est pas déliquescent, et s'il était utile, en accélérant la putréfaction, son influence salutaire ne se bornerait pas à un

si petit nombre de végétaux. Les agriculteurs l'emploient en trop petite quantité, pour qu'il puisse produire l'action septique qu'on lui attribue, ou pour qu'il puisse changer les propriétés physiques du sol, considéré comme simple support des végétaux.

MM. Thouvenel et Cornette ont cru reconnaître que les dissolutions salines ne pénétraient point dans les plantes, et que les sels agissaient comme des astringents ou des corrosifs, en fermant l'ouverture des vaisseaux et en s'opposant à l'absorption de l'eau. L'observation a prouvé cependant, jusqu'à présent, que les plantes contiennent les sels qui se trouvent dans le sol où elles croissent. La pariétaire, l'ortie, etc., sont chargées de nitrate: les plantes marines le sont de sel marin; elles n'en fournissent plus, lorsqu'on les force à languir loin des bords de la mer. M. de Bullion (Mémoires d'Agriculture, 1791) sema des graines de tournesol (helianthus annuus) dans un sol sabloneux dépourvu de nitre: les plantes qui en provinrent ne fournirent, à l'analyse, aucun vestige de ce sel. Il arrosa d'autres plantes semblables sur ce même sol avec une solution de nitrate de potasse, et elles en furent chargées.

Quoique l'expérience démontre que cer-

taines substances salines sont favorables à la végétation de quelques plantes, elle fait reconnaître en même temps que cet aliment ne leur convient que lorsqu'on le leur fournit en très-petite quantité. Le sulfate de chaux doit probablement, en partie, à son peu de solubilité son influence salutaire sur le développement de quelques végétaux. L'inefficacité des sels plus solubles, tels que le nitre, le carbonate de potasse, le sel marin, employés dans leur état de pureté, et appliqués immédiatement sur le sol, est reconnue pour la plupart des plantes usuelles. L'utilité des cendres qui contiennent quelques-uns de ces sels, n'est pas contestée; mais ils y sont combinés avec des terres par une demi vitrification qui diminue la solubilité, et qui fait qu'ils ne pénètrent pas tout-à-la-fois, mais lentement et par doses répétées, dans les végétaux : les sels superflus s'accumulent dans certaines plantes à la surface de leurs feuilles, et y forment une incrustation qui les fait périr, en empêchant leur transpiration. Telle est en grande partie l'origine de la maladie blanche qui attaque les cucurbitacées (12) et plusieurs plantes potagères.

---

(12) Cette maladie commence, pour les plantes de courge, par des gouttes visqueuses qui paraissent sur-

Les végétaux ne puisent pas toutes leurs substances minérales dans des dissolutions salines, semblables à celles qu'on peut former artificiellement en dissolvant, par exemple, des muriates de chaux, de fer ou de manganèse dans de l'eau pure, mais elles les absorbent en grande partie dans des combinaisons que nous ne sommes point en état de composer : telles sont celles où les éléments de ces sels se trouvent chimiquement unis avec l'oxygène, l'hydrogène, l'azote et le car-

---

tout à la surface supérieure des feuilles dans le voisinage du pétiole. Ces gouttes se sèchent et forment des taches blanches proéminentes et pulvérulentes qui s'étendent et se multiplient successivement jusqu'à la circonférence de la feuille. J'ai détaché cette incrustation ; elle n'était soluble qu'en partie dans l'eau et dans l'alcohol. Ces dissolutions évaporées à siccité ont présenté un sel déliquescent qui avait toutes les propriétés du muriate de chaux uni à une quantité inappréciable de magnésie ; il était précipité abondamment par le nitrate d'argent, par l'oxalate de potasse, par les carbonates alcalins, mais nullement par l'eau de Baryte, et il était presqu'inaltérable au feu. La partie saline et terreuse de l'incrustation formait environ le tiers de son poids ; elle était enveloppée par une substance végétale blanche insoluble à l'eau et à l'alcohol, et assez abondante pour que l'incrustation elle-même n'attirât pas sensiblement l'humidité. Cette maladie attaque surtout les vieilles plantes qui croissent sur un sol très-chargé d'engrais animaux, et sous des couches où les feuilles ne sont pas lavées par l'eau des pluies.

bone dans l'extrait de terreau, et où ils ne peuvent être démontrés que par son incinération.

§. V.

Application des observations précédentes, à la recherche de la quantité d'aliments que la substance seule du terreau fournit aux racines des végétaux.

Nous sommes trop éloignés de connaître tous les effets de la plante sur le terreau, et du terreau sur la plante, pour pouvoir parvenir à calculer et à peser tous les éléments qu'elle y puise. Dans l'étude de la nature, on ne saurait faire mieux que de suivre cette maxime (13) du célèbre Hauy : *Les choses sont censées être telles en elles-mêmes qu'elles s'offrent à nos observations.* Si nous nous en rapportons à celles qui ont été faites, soit dans ce chapitre, soit dans les précédents, nous trouvons que l'extrait de terreau, que le gaz acide carbonique, que le gaz oxygène, que tous les composés solubles à l'eau, qui pénètrent du sol dans une plante verte par ses

---

(13) Traité de Minéralogie, par Hauy, vol. 1, p. 7.

racines, ne sont pas à beaucoup près suffisants pour former la plus grande partie du poids de ce végétal, considéré dans l'état sec (14).

On a vu, Chap. V, §. II, que l'eau pluviale, après avoir séjourné pendant plusieurs jours sur le sol bien fumé d'un jardin, y formait une infusion qui contenait une partie d'extrait sec sur mille parties d'eau. On a vu qu'un végétal qui absorberait cette infusion, ne prendrait que le quart de l'extrait solide qu'elle contient. Ce végétal, si l'extrait de terreau était sa seule nourriture, n'augmenterait donc son poids que d'un quart de livre dans l'état

(14) J'aurais pu m'en rapporter à l'expérience de Vanhelmont, qui, après avoir fait croître un saule pendant cinq ans dans 200 livres de terreau, trouva que ce saule avait acquis dans l'état vert un poids de 164 livres, et que le terreau desséché au four avant et après l'expérience, n'avait perdu que deux onces de son poids. Mais M. Kirwan a fait sur ces résultats des réflexions très-fondées : il observe, 1.° que le terreau fut mis dans un vase de terre poreuse et non vernissée, qui fut lui-même enfoui dans de la terre végétale, et que cette dernière avait communiqué des sucs extractifs à la plante ; 2.° il trouve que le desséchement fait au four peut n'être pas identique avant et après l'expérience ; 3.° que le saule a laissé dans la terre des fibriles de racines dont on n'a pu estimer le poids ; 4.° que l'eau de pluie qui a servi d'arrosement a dû, par son impureté, contribuer à la nutrition de la plante. (*Mémoire sur les Engrais, par Kirwan.*)

sec, en absorbant mille livres d'infusion. Une plante annuelle, telle qu'un tournesol qui croissait dans ce jardin, pouvait depuis sa germination acquérir, dans l'espace de quatre mois, un poids de quatre kilogrammes (huit livres) dans l'état vert, ou d'un demi kilogramme (une livre) dans l'état sec (15). Si l'on admet, d'après les expériences de Hales, que la quantité d'eau aspirée et transpirée pendant vingt-quatre heures, est égale à la moitié du poids de ce tournesol non desséché, j'ai trouvé, en le pesant dans les différentes époques de sa végétation, qu'il ne pouvait pas avoir transpiré et absorbé plus de 100 kilogrammes (200 livres) d'eau ou d'infusion au bout de quatre mois. La quantité d'extrait sec, contenue dans ces 100 kilogrammes, est égale à 100 grammes ou $\frac{1}{5}$ de livre : la plante n'en a pris que le quart ou 25 grammes; mais il faut y ajouter le gaz acide carbonique contenu dans 100 kilogrammes d'infusion. J'estime que ce gaz y pèse 3,7 grammes (70 grains), d'après les expériences

(15) Hales dit qu'un tournesol en pleine végétation ne perd que le quart de son poids par le desséchement. Ce résultat est certainement inexact, ainsi que les conséquences que cet auteur en a déduites.

rapportées Chap. V, §. II : il n'a assimilé que la moitié de son poids au tournesol qui, en le décomposant, a exhalé une partie de ses éléments. Cette plante a donc puisé dans le terreau, abstraction faite de l'eau, une quantité de substance végétale égale à 25 + 1,85 grammes, qui ne font environ que la vingtième partie du poids que le tournesol, considéré dans l'état sec, a acquis par l'observation directe.

Le calcul que je viens de faire est sans doute éloigné d'être rigoureux; mais en supposant que la quantité d'aliments que la plante puise dans le sol par ses racines, soit, dans mon estime, deux ou trois fois trop grande ou deux ou trois fois trop petite, les résultats essentiels et généraux que j'ai en vue n'en restent pas moins les mêmes. Ils prouveront également que l'extrait de terreau, que les gaz, que tous les principes solubles à l'eau, qui proviennent du sol et qui pénètrent dans les racines d'une plante verte, ne font point, abstraction faite de l'eau, la majeure partie du poids du végétal dans l'état sec. On trouvera toujours cependant qu'ils y pénètrent sensiblement, et qu'ils ont comme aliments, malgré leur petite quantité, une très-puissante influence sur son accroissement. On reconnaîtra que l'eau

que le végétal puise, soit dans le sol, soit dans l'atmosphère, et qu'il solidifie, fait, en poids, la plus grande partie de la substance sèche de la plante; que le carbone lui est fourni en état de gaz par l'atmosphère, en plus grande quantité que par toute autre source; mais que l'azote, les sels et les terres, qui sont les éléments les moins abondants dans la plante, proviennent, 1.° des dissolutions extractives et salines puisées dans le terreau par les racines; 2.° des matières végétales et animales tenues en suspension dans l'atmosphère, et qui se déposent sur le végétal.

RÉSUMÉ.

1.° Les racines des plantes absorbent les sels et les extraits, mais en moins grande raison que l'eau qui tient ces sels et ces extraits en dissolution.

2.° La section des racines, leur décomposition, et, en général, la langueur de la végétation, favorisent l'introduction des sels et des extraits dans les plantes.

3.° Un végétal n'absorbe pas en même proportion toutes les substances contenues à-la-fois dans une même dissolution; il en fait des secrétions particulières; il absorbe en

général, en plus grande quantité, les substances dont les solutions séparées sont moins visqueuses.

4.° Lorsque l'on compare le poids de l'extrait que peut fournir le sol le plus fertile au poids de la plante sèche qui s'y est développée, on trouve qu'elle n'a pu y puiser qu'une très-petite partie de sa propre substance.

CHAPITRE NEUVIÈME.

Observations sur les Cendres des Végétaux.

§. I.er

Observations faites par divers auteurs sur les quantités de cendres que fournissent les végétaux.

L'expérience a fait reconnaître depuis longtemps, que les végétaux de même poids varient suivant leur espèce, dans la quantité de cendres qu'ils peuvent produire. Mais on n'a point remonté à la source générale de ce phénomène. On n'a point recherché l'origine de ces cendres, et la cause de leurs différences. Avant de parler de mes observations, je rappellerai en peu de mots celles qui sont déjà connues.

Les commissaires inspecteurs sur la manu-

facture de salpêtre en France, et MM. Kirwan et Ruckert (1), ont trouvé que les plantes herbacées fournissent, à poids égal, après leur dessication, plus de cendres que les plantes ligneuses. Ce résultat a été confirmé par tous ceux qui se sont occupés des produits de l'incinération. M. Pertuis a fait une belle application de ce principe, en annonçant que le tronc des arbres produit moins de cendres que les branches, et celles-ci moins de cendres que les feuilles (Annales de Chimie, tome XIX). On doit s'en tenir là, sur les résultats de cet auteur; ses autres assertions, 1.° que les plantes brûlées sèches produisent moins de cendres que lorsqu'elles sont brûlées vertes: 2.° que le bois pourri produit moins de cendres que le bois sain; 3.° que les plantes brûlées à l'époque de leur maturité, produisent plus de cendres qu'avant ou après leur maturité; 4.° que les végétaux fournissent, en général, d'autant plus de sels solubles à l'eau qu'ils contiennent plus de cendres, m'ont paru devoir être modifiées. Il est à regretter que dans les soixante incinérations opérées par M. Pertuis, on n'en trouve que quatre qui

(1) Mémoire sur les Engrais, par Kirwan. Société royale d'Irlande, vol. 5, p. 129, et Ruckert's Feld-Bau.

aient été faites sur des plantes sèches et sans mélange de plantes inconnues. L'incertitude que laissent des dessèchements imparfaits, estimés vaguement par les fractions, une demie, un quart, trois quarts, limitent les inductions qu'on aurait pu tirer de ces expériences, surtout si, comme on doit le soupçonner d'après les résultats, les végétaux n'ont pas été tenus à l'abri de la pluie, après avoir été coupés. Malgré ces légères inexactitudes inévitables dans la suite d'un long travail, on ne peut méconnaître l'utilité des recherches de cet auteur, qui n'a point eu en vue des observations physiologiques, mais l'extraction en grand des sels alcalins.

§. II.

Principe d'après lequel les cendres varient en quantité dans les plantes ligneuses et dans les plantes herbacées.

Dans un sujet aussi neuf et aussi compliqué que celui dont je m'occupe à présent, les explications que je donnerai seront, sans doute, très-souvent hazardées; mais j'ai lieu de croire que les observations qui leur servent de fondement ne le sont pas, du moins pour les es-

pèces que j'ai examinées; car, quoique mes incinérations soient nombreuses, elles ne le sont peut-être pas toujours assez pour nous élever à des conclusions générales.

Je ne considérerai les végétaux que dans l'état sec et sous le même poids : l'eau de végétation varie tellement, suivant la constitution particulière de chaque individu d'une même espèce, suivant l'âge de la plante et le climat, qu'il convient, avant tout, d'écarter cette source d'erreur.

Les recherches des auteurs que j'ai cités dans le paragraphe précédent, et les miennes (ainsi qu'on peut le voir dans la table des incinérations à la fin de ce chapitre), s'accordent à prouver que les plantes ligneuses contiennent moins de cendres que les plantes herbacées. Si, comme nous l'avons reconnu dans le Chap. VIII, les végétaux n'admettent dans leur intérieur les substances terreuses et salines que sous l'état liquide, ils doivent contenir d'autant plus de cendres que la succion ou la transpiration est plus abondante ; car ces deux fonctions sont toujours subordonnées l'une à l'autre. Hales (2) et Bonnet (3), ont démon-

(2) Statique des Végétaux, édition française, p. 3 et 43.

(3) Recherches sur l'usage des Feuilles, pag. 77, édit. in-8.°

tré que les plantes herbacées transpirent plus d'eau que les plantes ligneuses; ces dernières doivent donc contenir moins de cendres.

Les feuilles des arbres toujours verts transpirent moins, suivant l'observation de Hales, que celles des arbres qui se dépouillent en hiver. Les dernières sont, par cette raison, plus chargées de cendres. Comparez, à la fin du chapitre, les incinérations des plantes brûlées dans l'état sec, n.ºs 1, 2, 16, 31, avec les incinérations n.ºs 67, 71, 74.

Les feuilles des arbres toujours verts transpirent, il est vrai, pendant toute l'année; mais en hiver cet effet est très-petit, ou presque nul, et il est probable que dans cette saison, elles perdent par le lavage de l'eau des pluies autant de cendres qu'elles en acquièrent.

Lorsqu'une dissolution saline est contenue dans un vase qui la laisse évaporer au travers de ses pores, le sel se dépose en plus grande quantité sur les parties où l'évaporation est la plus abondante. La disposition des cendres dans le végétal est, en général, conforme à ce principe. La transpiration étant moindre par la tige que par les feuilles, ces dernières sont plus chargées de cendres. Comparez l'incinération n.° 29 avec la suivante, le n.° 67 avec le n.° 69, le n.° 71 ou 72 avec le suivant.

Les feuilles, d'après l'observation de Hales, transpirent plus que les fruits. Ces derniers fournissent beaucoup moins de cendres. Comparez dans les incinérations les n.os 30 ou 31 ou 32 avec le n.o 34, et les n.os 51, 52, 53 avec le n.o 54, et les n.os 57, 58, 59 avec le n.o 61.

L'écorce est le siége immédiat de la transpiration du tronc, et elle contient beaucoup plus de cendres que les parties intérieures. Comparez dans les incinérations les n.os 5 et 6 avec le n.o 7 : voyez les n.os 14 et 15, les n.os 20 et 21, les n.os 22, 23 et 24, les n.os 26, 27 et 28.

Les cendres vont en augmentant dans les feuilles des arbres depuis le moment où elles sortent du bouton jusqu'à celui où elles jaunissent et tombent. Voyez les n.os 1 et 2, les n.os 12 et 13, les n.os 16, 18 et 19, les n.os 30, 31 et 32. Les plantes doivent accumuler des cendres dans toutes les parties qui ne subissent aucune modification dans leur forme et dans leur force végétative. J'ai choisi, à toutes les époques, des feuilles parfaitement vertes et saines; j'ai eu soin cependant de ne recolter en été et en automne que celles qui paraissaient les plus anciennes.

Les résultats que je viens de faire observer

ne peuvent plus s'appliquer aux plantes annuelles recoltées et brûlées dans leur entier avec les parties mortes qu'elles peuvent avoir. Les cendres de ces plantes diminuent à mesure que leur végétation avance. Voyez dans la table des incinérations, les n.os 35 et 36, les n.os 37, 38 et 39, les n.os 43, 44 et 45, les n.os 46, 47 et 48, les n.os 51, 52 et 53, les n.os 57, 58 et 59. La raison de cette différence tient à ce que les plantes annuelles perdent, à mesure qu'elles vieillissent ou qu'elles font de nouvelles productions, les feuilles inférieures, qui sont les plus anciennes, et par conséquent les plus chargées de cendres. Si ces feuilles ne tombent pas, elles languissent ou sèchent, et elles abandonnent dans cet état de dépérissement leurs principes solubles à l'eau des pluies, à celle des rosées, et à celle même de leur transpiration. Il est probable que si l'on pouvait suivre la proportion des cendres dans une seule feuille de plante annuelle avant que cette partie s'altérât, on lui verrait augmenter ses cendres, comme on le voit dans les feuilles des arbres que j'ai cités.

Les cendres paroissent augmenter dans les plantes annuelles à mesure qu'elles vieillissent, en les considérant dans l'état vert. Voyez les n.os 37 et 38, les n.os 47 et 48. Mais c'est

une illusion produite par l'eau de végétation. La perte de cette eau, qui est d'autant plus grande que la végétation est plus avancée, paraît augmenter la proportion des cendres dans le végétal, en le rapprochant de l'état sec.

Les cendres ne s'accumulent point indéfiniment dans le tronc des arbres. L'aubier contient plus de cendres que le bois. Voyez, dans la table des incinérations, les n°s. 5 et 6, les n°s. 22 et 23, les n°s. 26 et 27. Lorsque les couches d'aubier s'endurcissent et passent à l'état de bois, elles abandonnent aux sucs ascendants les cendres qu'elles avaient accumulées pendant leur accroissement.

J'ai pris des feuilles fraîches de noisetier, j'en ai fait sécher une partie, j'ai lavé l'autre à plusieurs reprises avec de l'eau distillée froide. Ces dernières ont été également séchées : cent parties en poids des feuilles lavées, ont fourni moins de cendres que cent parties des feuilles non lavées. Ce résultat peut en partie, servir de fondement à l'explication précédente.

Un végétal putréfié fournit, à poids égal, plus de cendres que le même végétal non putréfié. Cent parties en poids de bois pourri, m'ont fourni plus de cendres que cent parties de bois sain. Mais cet effet suppose dans plu-

sieurs cas, que le végétal n'a pas été lavé par une eau courante pendant la putréfaction.

§. III.

Composition générale des cendres. Influence du sol.

Les sels alcalins de potasse ou de soude, les phosphates terreux de chaux ou de magnésie, la chaux libre ou carbonatée, la silice et les oxydes de fer et de manganèse, forment, réunis ou séparés, les éléments les plus saillants des cendres, et les seuls dont je m'occuperai; elles en contiennent bien d'autres qui, par leur petite quantité, échappent le plus souvent à nos observations. Les cendres renferment peut-être toutes les substances connues qui ne sont pas susceptibles d'être volatilisées par l'action du feu employé pour la combustion. Car il est possible que notre atmosphère tienne en suspension tous les éléments, et qu'une analyse approfondie en fasse reconnaître des vestiges sur tous les sols.

L'analyse démontre que tous les principes dominants dans les cendres, sont contenus dans le terreau, et que sa partie soluble, qui pénètre seule dans le végétal, contient ces principes en plus grande proportion, que la

partie insoluble. (Voyez la table des analyses, nos. 10 et 11, nos. 76 et 77, nos. 78 et 79.) Leur existence, dans la plante, n'a rien donc que de naturel, et leur absence y serait bien plus digne d'étonnement.

La nature du sol a, toute choses d'ailleurs égales, une influence sensible pour faire varier les quantités de cendres dans la plupart des végétaux. J'ai donné (Chap. VIII) les détails d'une expérience où j'ai fait végéter des polygonum persicaria, avec une dissolution saline et d'autres plantes semblables avec de l'eau distillée. Les premières ont fourni, à poids égal, presque deux fois plus de cendres que que les secondes. J'ai fait développer des graines de féve, par trois procédés différents. Les premières ont été alimentées à l'abri de la pluie avec de l'eau distillée. Cent parties sèches des plantes que ces graines ont produites, contenaient, à l'époque de leur floraison, 3,9 parties de cendres. D'autres graines semblables ont été semées dans des capsules de verre pleines de gravier, et placées sur la terre en rase campagne; elles ont été arrosées, soit naturellement, soit artificiellement, avec de l'eau de pluie. Cent parties sèches de ces plantes fleuries ont fourni 7 $\frac{1}{2}$ parties de cendres. Enfin des

plantes de féve en fleur, crûes en pleine terre, dans un jardin potager, ont fourni 12 parties de cendres.

La proportion des éléments des cendres, a presque toujours des rapports avec celle des éléments qui constituent le sol. Les plantes qui végètent sur un terreau provenant d'une montagne siliceuse, fournissent, toutes choses d'ailleurs égales, des cendres qui contiennent moins de chaux et plus de silice que celles qui ont crû sur un terreau calcaire (Voyez dans la table des analyses, les n°s. 67 et 68, les n°s. 71 et 72, les n°s. 74 et 75.) Le sol du Breven ou de la montagne granitique, sur laquelle j'ai fait les récoltes siliceuses, était beaucoup plus chargé d'oxyde de fer, que celui de la montagne calcaire. La même différence s'est fait observer dans les cendres. Toutes les plantes ont été récoltées dans la même saison, cependant la végétation était un peu plus retardée sur le sol siliceux, et cette circonstance tendait à diminuer, comme je le montrerai dans la suite, la proportion de la silice et de l'oxyde de fer dans les cendres des plantes qui croissaient sur ce sol.

Les différences entre les productions du sol calcaire et du sol siliceux, ne sont sensibles qu'autant que les principes extractifs qui

alimentent les végétaux, contiennent des quantités différentes de silice et de chaux. Les plantes qui croîtraient sur du sable calcaire et sur du sable granitique, amendés par le même fumier ou par le même terreau, contiendraient des cendres semblables : on peut en juger par l'expérience de M. Lampadius, consignée dans le journal des mines n°. 65. Cet auteur a fait préparer, dans un jardin, cinq compartiments, qui avaient chacun quatre pieds de surface et un pied de profondeur : ils étaient séparés par des planches. Chaque carreau a été rempli d'une terre bien pure et de huit livres de fumier de vache. Ces terres étaient l'alumine, la silice, la chaux, la magnésie et du terreau de jardin. On y a semé du seigle, et on a trouvé que ses cendres contenaient les mêmes principes sur les cinq terres différentes. L'auteur en conclut, que la silice se forme dans la végétation, et n'a nul rapport avec la nature du sol sur lequel la plante croît. Mais comme M. Lampadius n'a point analysé les cendres du fumier de vache, qui seul a alimenté le seigle, on ne peut pas admettre cette conséquence. Le seul résultat certain auquel l'expérience que je viens de rapporter peut conduire, c'est que les terres ne pénètrent point dans les végétaux, lorsqu'elles ne sont pas

sous l'état liquide. Au reste je montrerai dans la suite, que l'atmosphère libre introduit une petite quantité de cendres dans les végétaux.

Je rechercherai maintenant, pourquoi les plantes d'espèce différente, qui croissent sur le même sol, ne contiennent pas tous les principes de leurs cendres dans la même proportion; et pourquoi ces cendres varient encore dans les différentes parties d'un même végétal. Les explications que je puis donner à ce sujet, sont quelquefois éloignées d'être entièrement satisfaisantes : elles tiennent souvent à une connaissance que je n'ai pas : c'est celle de l'organisation végétale. Mais elles sont moins absurdes, que celles qui attribuent aux végétaux une vertu créatrice de tous les élements; et, si mes réflexions sont erronées, j'espère du moins fixer l'attention sur de nouvelles observations. J'examinerai séparément dans les cendres, leurs principaux éléments.

§. IV.

Des sels alcalins dans les cendres.

I.re OBSERVATION. Les sels alcalins (4) forment, sans aucune comparaison, l'élément

(4) J'adopte ici l'acception la plus ancienne, qui ne donne le nom de sels alcalins qu'à ceux dont la potasse,

le plus abondant dans les cendres d'une plante verte herbacée, dont toutes les parties sont en état d'accroissement. J'ai été bien étonné de trouver que les cendres des jeunes plantes de verge d'or, n°. 43, crûes sur un terrain ingrat et non cultivé, celles de féve n°. 37, de tournesol n°. 46, de froment n°. 51, de maïs n°. 57, contenaient au moins les trois quarts de leur poids de sels alcalins. On en peut dire presqu'autant des cendres des feuilles des arbres qui sortent de leurs boutons; elles en contiennent au moins la moitié et quelquefois les trois quarts de leur poids. J'en ai trouvé la moitié dans les cendres des feuilles de noisetier et de peuplier, le 26 mai, les trois quarts dans les feuilles de chêne, le 10 mai, avant leur entier développement; et tous ces arbres croissaient sur un sol non cultivé et de mauvaise qualité. Cet effet ne doit pas surprendre, puisque nous avons reconnu que les cendres d'un extrait de terreau non cultivé, fournissaient au moins la moitié de leur poids de sels alcalins. (Voyez le Chap. V, §. III, et la table des analyses, n°s. 76 et sui-

---

la soude ou l'ammoniaque font un des éléments; il faut en retrancher seulement ce dernier, parce qu'il ne peut pas entrer dans la composition des cendres.

vants.) Mais quand même ce produit serait beaucoup moindre dans l'extrait, il pourrait être infiniment plus grand dans la plante ; si, comme on doit le présumer, les sels alcalins sont la partie la plus déliée, la moins visqueuse de toutes les parties fixes de l'extrait. J'ai montré, dans le Chapitre VIII, que les différentes substances qui pouvaient être contenues dans une même dissolution, ne pénétraient pas en même proportion dans le végétal, mais en raison inverse de leur viscosité.

II.me Observation. La proportion des sels alcalins n'augmente jamais sensiblement, et elle diminue le plus souvent à mesure que la plante se développe et vieillit sur le même sol. Cette observation s'applique non-seulement aux plantes annuelles, mais encore aux feuilles des arbres dans le cours d'une saison. Une plante qui sort de terre, une feuille qui sort de son bouton, contient, à cette époque, des cendres qui sont autant et ordinairement plus chargées de sels alcalins que dans aucun autre période de sa végétation. Voyez, dans la table des analyses, les nos. 1 et suiv., les nos. 12 et suiv., les nos. 16, 18 et suiv., les nos. 30 et suiv., les nos. 35 et suiv., les nos. 43 et suiv. 46 et suiv., 51 et suiv., 57 et suiv. Cette soustraction des substances salines,

est d'autant plus grande, que la végétation est plus avancée. Un végétal qui sort de terre en mai, perd moins de sels entre mai et juillet, qu'entre juillet et septembre.

Lorsqu'on lave avec de l'eau une plante fraîche, (table des analyses, n°s. 16 et 17) le liquide lui enlève des sels alcalins en plus grande proportion qu'il ne lui enlève tous les autres principes des cendres. Il s'en charge d'autant moins, ou la plante les retient avec d'autant plus d'énergie, que sa force végétale est plus grande ou que sa végétation est moins avancée. L'eau qui circule autour des racines, celle des pluies qui tombe sur les feuilles, celle enfin qu'elles transpirent, entraîne les sels, comme je viens de le dire, et en plus grande raison que la plante n'en reçoit.

IIIme Observation. Les cendres de l'écorce contiennent une beaucoup moins grande proportion de sels alcalins, que les cendres du bois et de l'aubier. Voyez n°. 4, n°. 7, n°. 15, n°. 21, n°. 24, n°. 28. L'écorce ne se renouvelle que très-lentement; elle est exposée, pendant toute l'année, au lavage de la pluie et des rosées; elle est chargée d'une substance morte, l'épiderme ou le suber; elle doit, plus qu'aucune autre partie, être dépouillée de ses

sels les plus solubles. Il ne paraît cependant point, que ce résultat puisse être attribué uniquement aux causes que je viens d'indiquer.

IV.e OBSERVATION. Les cendres du bois tout formé, sont presqu'aussi chargées de sels alcalins, que celles de l'aubier qui lui est adhérent. Voyez, dans la table des analyses, les nos. 5 et 6, les nos. 22 et 23, les nos. 27 et 28.

Ce résultat est singulier ; il est en opposition avec la diminution des cendres dans le bois, et avec les autres principes de ces mêmes cendres. Les bois bien formés dans les arbres sains et vigoureux tels que ceux que j'ai brûlés, ne sont point une substance morte ; ils servent de canaux ou de conduits à la sève ; et il est vraisemblable que ces canaux beaucoup plus resserrés ou condensés que ceux de l'aubier, n'admettent que les sucs les plus fluides, tels que ceux qui portent les substances salines, et que ces mêmes canaux offrent une barrière insurmontable aux autres principes. Le bois est d'ailleurs éloigné des influences atmosphériques, et il ne perd presque point par elles les sels qu'il acquiert.

Il me paraît que, toutes choses d'ailleurs égales, les cendres des bois doivent être d'autant plus chargées de substances salines

qu'ils sont plus durs, parce que les canaux de ces derniers sont plus resserrés, et parce que toute leur substance se laisse moins pénétrer par l'eau des pluies. Mais la lenteur de l'accroissement des arbres à bois dur apporte sans doute de fréquentes modifications à ce principe. Si les bois tendres sont plus vîte dépouillés des sels qu'ils acquièrent, ils en reçoivent en revanche beaucoup plus dans le même temps, par la promptitude de leur succion et de leur accroissement.

V.ᵉ Observation. Les cendres des semences sont plus chargées de sels alcalins que les cendres de la plante qui leur sert de support : voyez dans la table des analyses les n.ᵒˢ 29, 32, 34, 40, 41, 54, 55, 60, 61, 63 et 64. La plupart des semences sont renfermées dans des enveloppes très-peu poreuses, qui les préservent des influences atmosphériques; elles transpirent peu, elles doivent donc conserver leurs sels; elles ne tiennent d'ailleurs au reste de la plante que par des canaux très-fins, très-déliés, qui n'admettent que les sucs les plus fluides. Le célèbre Vauquelin a fait une observation opposée à celle que je viens de rapporter; il a vu (Annales de Chimie, tom. 29), en comparant les cendres des semences d'avoine avec celle d'une meule composée de

la plante chargée de ses graines et brulée par accident à Ecouen, que la semence seule ne contenait point du tout de sels alcalins, et que la plante entière en était pourvue. Je remarquerai en général, 1.° que l'époque de la récolte introduit de si grands changements dans la composition des cendres, que l'on ne peut pas comparer les différentes parties d'un même végétal, lorsqu'elles n'ont pas été récoltées en même temps et sur le même sol; 2.° que ce chimiste n'a point brulé la semence pure de l'avoine, mais l'avoine avec sa bale, car j'ai obtenu comme lui 3,1 parties de cendres sur 100 parties d'avoine non mondée; mais je n'ai trouvé que 1,7 parties de cendres dans 100 parties d'avoine dépouillée de sa bale ou de son calice. La bale fait environ le tiers du poids de la semence non-mondée; et 100 parties de cette enveloppe contiennent environ trois fois plus de cendres que 100 parties de la semence nue. La cendre que M. Vauquelin a examinée, contenait donc plus que les trois quarts de son poids de cendres propres à la bale.

J'ai fait l'analyse des cendres des graines d'avoine munie de cette enveloppe, elles ne m'ont presque point fourni de sels alcalins, par une lessive purement aqueuse; mais lorsque j'ai fait dissoudre ces cendres dans de

l'acide nitrique, lorsque j'ai séparé la silice par le filtre et les phosphates terreux par l'ammoniaque, lorsqu'enfin j'ai soumis la liqueur restante à une évaporation poussée par degrés jusqu'à la plus grande chaleur, j'ai obtenu pour résidu, sur 100 parties de cendres d'avoine pourvue de sa bale, 15 parties de sels alcalins.

La difficulté d'obtenir une quantité suffisante de semence nue d'avoine, sans altération, m'a empêché de faire une analyse exacte de ses cendres, comparée à celle de sa paille; mais j'ai lieu de croire que les résultats confirmeraient ceux que m'ont donnés les autres semences, et qu'ils montreraient que les cendres de la graine nue d'avoine contiennent plus que moitié de leur poids de sels alcalins. J'ai donné à cette discussion plus de temps qu'elle n'exigeait. Les résultats de M. Vauquelin sont sans doute parfaitement exacts; mais les époques des récoltes, ou même l'exposition de la graine à la pluie, suffisent pour rendre raison des différences de nos analyses.

Sur un même sol, les cendres des semences contiennent à très-peu près autant de sels alcalins, que les cendres de la plante qui en provient à l'époque où ces dernières en fournissent le plus, c'est-à-dire, dans les pre-

mières époques de la végétation. Je n'ai obtenu sous ce rapport que de très-légères différences, et l'on doit en grande partie les attribuer à ce que mes analyses ont été faites sur toute la semence. Sa substance entière ne sert pas d'aliment au végétal : la partie intérieure de la graine est seule employée à cette fonction. Or j'ai trouvé que le son ou la partie extérieure de la graine de froment, contenait un peu moins de sels alcalins que la graine elle-même, et ce son était mêlé d'une certaine quantité de farine.

Je suis entré dans de grands détails sur la disposition des sels alcalins dans les plantes, parce que celle de leurs autres principes fixes lui est presque entièrement subordonnée.

§. V.

Des phosphates terreux dans les cendres.

Les phosphates terreux, savoir ceux de chaux et de magnésie, forment dans les extraits de terreau une combinaison soluble dans l'eau, que la nature seule sait produire. Nous ignorons si ces sels sont essentiels à l'extrait : quoiqu'il en soit, quand je parle de la solubilité de ces phosphates dans l'eau, je n'en-

tends par là que la solubilité de la partie extractive qui les contient. Il en est de même de la silice de la chaux, et des oxydes métalliques.

Les phosphates terreux sont, après les sels alcalins, l'élément le plus abondant des cendres d'une plante verte herbacée, dont toutes les parties sont en état d'accroissement et de végétation. On doit présumer qu'ils sont, après les sels alcalins, la partie la plus déliée, la moins visqueuse des principes fixes de l'extrait. Ces deux espèces de sels suivent presque toujours, à la quantité près, et par les mêmes raisons, la même marche dans les cendres.

Lorsqu'on lave avec de l'eau un végétal, les phosphates terreux lui sont enlevés par ce liquide, en plus grande proportion que tous les autres principes des cendres, si l'on en excepte les sels alcalins. Voyez dans la table des analyses, les n.os 16 et 17.

La feuille d'un arbre contient des cendres plus chargées de phosphates terreux en sortant de son bouton, que dans toutes les époques postérieures de la végétation. Voyez dans la table des analyses, les n.os 1, 2, etc.

La proportion des phosphates terreux diminue dans les cendres des plantes annuelles, depuis l'époque de la germination jusqu'à

celle de la floraison : Voyez les n.os 37, 38, 43, 44, 46, 47, 51 et 52. Mais ces phosphates paraissent augmenter à l'époque de la maturation des semences, si elles sont abondantes. (Voyez les n.os qui suivent tous ceux que je viens de citer.) Cette marche inverse est une illusion produite par l'effet d'un changement de principes, qui a lieu dans l'acte de l'incinération. Les phosphates ont diminué dans la plante, et augmenté dans sa cendre. Les cendres des semences sont abondamment pourvues de phosphate de potasse, et dépourvues de carbonate de chaux. Les cendres des tiges et les feuilles, à l'époque de la maturation des fruits, ne contiennent que peu ou point de phosphate de potasse, et en revanche du carbonate de chaux : voyez les analyses, n.os 40, 41, 54, 55, 60, 62, 63 et 64. Lorsque les cendres des tiges et des semences se mêlent pendant l'incinération, la chaux libre ou carbonatée décompose le phosphate de potasse, en formant du phosphate terreux. Elle change un sel alcalin en un sel terreux, et fait paraître ainsi dans la cendre ce dernier plus abondant qu'il ne l'est dans la plante. Ce résultat est bien frappant dans les analyses des cendres de plantes de féve avec leurs graines en maturité, et de ces mêmes plantes

sans leurs graines, et des graines elles-mêmes : n.os 39, 40, et 41.

La quantité du phosphate terreux que la graine seule contient en plus grande proportion que la tige, n'est point suffisante pour expliquer l'augmentation du phosphate terreux obtenu par l'incinération de toute la plante pourvue de ses graines, si l'on n'y ajoute le phosphate terreux qui vient en partie de la décomposition du phosphate de potasse contenu dans ces mêmes graines.

Les cendres de l'écorce contiennent une beaucoup moins grande proportion de phosphates terreux que celles de l'aubier : voyez dans la table des analyses les n.os 6, 7, 14, 15, 20, 21, 23, 24, 27 et 28. La raison en est la même que pour les sels alcalins, §. 4.

Les cendres de l'aubier contiennent plus de phosphate terreux que celles du bois. Ce résultat est conforme à la diminution des cendres dans cette dernière substance (voyez la table des incinérations); mais il est en opposition avec la présence des sels alcalins dans ce même bois. J'ai essayé, §. 4, de donner une explication de cette anomalie : au reste, je ne regarde point la cause indiquée comme pleinement satisfaisante. Il est possible que les parties qui cessent de croître perdent ou

laissent décomposer leur acide phosphorique ; et ne retiennent que la terre du phosphate.

La découverte d'une grande quantité de phosphore dans les graines est très-ancienne ; elle date du temps de Pott, et Margraff l'a confirmée (5). M. Vauquelin a reconnu que les tiges du froment et de l'avoine contenaient moins de phosphates que les semences. Ces résultats ont été constatés par mes observations sur plusieurs autres plantes très-différentes. Ce célèbre chimiste a retiré, conjointement avec son collégue Fourcroi, du phosphate ammoniacal magnésien de quelques graines avant leur combustion. C'est probablement par l'action de la potasse sur ce phosphate, que se forme le phosphate de potasse que mes analyses m'ont fait si abondamment découvrir dans plusieurs cendres. Il se produit surement encore par l'action de la potasse sur les phosphates simples de chaux et de magnésie, comme on le verra en détail dans le §. 12.

---

(5) Opuscules chimiques de Margraff, t. 1, p. 68.

§. VI.

De la chaux libre ou carbonatée dans les cendres.

Lorsque j'ai lavé (Table des analyses n.os 16 et 17) des feuilles avec de l'eau, la proportion de la chaux carbonatée dans leurs cendres a augmenté par cette opération. Cet effet n'a eu lieu que par une soustraction plus grande des autres principes fixes, savoir: des sels alcalins et des phosphates. On comprend par cette raison pourquoi dans toutes mes analyses, n.os 1, 2, 12, 13, 14, 16, 18, 35, 36, etc., j'ai trouvé que la proportion du carbonate de chaux augmentait à mesure que la plante prenait de l'accroissement; c'est parce qu'elle perdait ses sels et ses phosphates en beaucoup plus grande raison que la chaux.

On trouve, mais rarement, des plantes qui, par une disposition particulière, conservent à très-peu près leurs sels dans la même proportion pendant leur végétation; dans celles-ci le carbonate de chaux n'augmente point sensiblement, c'est ce qui arrive, par exemple, aux plantes de féve.

Dans les plantes vertes herbacées dont toutes

les parties sont en état d'accroissement, le carbonate de chaux n'existe qu'en très-petite quantité; elles n'en contiennent guères plus que 10 ou 12 centièmes, et je crois que des cendres composées à peu près à parties égales de carbonate de chaux et de sels alcalins, seraient, pour une de ces plantes, un produit impossible, du moins sur un terrain naturel. La raison de ce fait tient à ce que les sels alcalins qui existent dans la plante verte, sont en grande partie composés de phosphates alcalins, qui se changent en phosphates terreux par l'incinération.

Nous ne conclurons donc pas de ce que certaines plantes (telles que les graminées avant leur entier développement) ne fournissent point de chaux libre ou carbonatée par l'incinération, que la substance qui fournit cette terre dans les autres plantes n'existe point dans celles dont nous nous occupons. il est très-probable qu'elle s'y trouve.

Les cendres des écorces contiennent une énorme quantité de carbonate de chaux, et beaucoup plus que l'aubier, parce qu'elles sont dépouillées de leurs sels alcalins et de leurs phosphates terreux. Voyez les n.ºs 6, 7, 14, 15, 23, 24, 27 et 28.

Les cendres des bois bien formés contien-

nent plus de carbonate de chaux que l'aubier, parce qu'ils sont dépouillés de leurs phosphates.

Les cendres de la plupart des semences et même de toutes celles que j'ai examinées, ne contiennent point de carbonate de chaux, parce qu'elles sont abondamment pourvues de phosphate de potasse. Il peut arriver que par la présence de ce sel, des plantes très-chargées de semences fournissent des cendres plus chargées de carbonate de chaux à l'époque de la floraison qu'à celle de la maturité des fruits.

Les graines de quelques lithos permum font une légère effervescence avec les acides; elles contiennent du carbonate de chaux ou de magnésie avant la combustion; mais il est possible que leurs cendres ne fournissent point ces terres dans l'état libre ou carbonaté.

§. VII.

De la silice dans les cendres.

La silice n'existe jamais en grande quantité dans les cendres, que lorsque les végétaux se sont dépouillés de leurs sels et de leurs phosphates. Beaucoup de sels alcalins et beaucoup

de silice sont deux éléments incompatibles dans la composition des cendres d'une jeune plante verte herbacée, dont toutes les parties sont en état d'accroissement.

Lorsqu'on lave une plante fraîche avec de l'eau, la proportion de la silice augmente dans les cendres de la plante lavée. Voyez, table des analyses, n.os 16 et 17.

Les jeunes plantes, les feuilles qui sortent de leurs boutons, contiennent des cendres qui sont très-peu chargées de silice. Mais la proportion de cette terre augmente à mesure que la plante se développe et qu'elle se dépouille de ses sels alcalins. Les terreaux végétaux les plus purs exposés aux influences atmosphériques sont, par cette raison, abondamment chargés de cette terre.

La proportion de la silice n'augmente point sensiblement dans les plantes qui, telles que celles de féve, conservent pendant toute leur végétation la même proportion de sels alcalins.

J'ai semé des graines de maïs et de froment en même temps et sur le même sol : en examinant ces plantes un mois après la germination ou un mois avant la floraison, j'ai trouvé que toutes les parties apparentes du maïs étaient en état d'accroissement. Ses cen-

dres contenaient alors $\frac{8}{100}$ de silice et $\frac{80}{100}$ de sels alcalins; mais le froment, à cette époque, avait déja laissé sécher ou jaunir ses feuilles radicales, quoique la plante fût dans un état de prospérité. Ses cendres contenaient alors $\frac{12}{100}$ de silice et $\frac{65}{100}$ de sels alcalins. A l'époque de la floraison, ou un mois après les observations précédentes, le maïs végétait dans toutes ses parties comme ci-devant, et il fournissait toujours des cendres qui contenaient $\frac{8}{100}$ de silice et $\frac{80}{100}$ de sels alcalins. Mais le froment, quoique dans un état vigoureux, avait augmenté le nombre de ses feuilles sèches ou jaunes; ses cendres contenaient alors 32 parties de silice et 54 parties de sels alcalins. Ces observations nous montrent comment, par des circonstances très-simples, mais variées, suivant la végétation des différentes plantes, elles doivent contenir des cendres dissemblables, tout en supposant que ces végétaux absorbent une nourriture identique. Mais il est bien probable qu'elle ne l'est pas sur le même sol, et que les racines la modifient à son entrée, suivant l'ouverture plus ou moins large de leurs pores.

La plupart des graminées se distinguent des autres plantes par une plus grande proportion de silice : on peut en conclure que

ces graminées reçoivent et perdent beaucoup plus ; on doit croire qu'elles absorbent une nourriture plus abondante , et qu'elles s'en dépouillent en partie de même. Les plantes les plus chargées de silice doivent être, toutes choses d'ailleurs égales, les plus épuisantes.

Je ne dirai point à présent que ces graminées se distinguent par des pores plus ouverts dans leurs racines. Il est possible au contraire que leurs pores soient plus serrés, puisque ces plantes, dans leur jeunesse, contiennent moins de carbonate de chaux et souvent plus de sels alcalins que les autres végétaux ; il faut admettre seulement qu'elles ont une force de succion beaucoup plus grande, et des excrétions beaucoup plus abondantes. On remarque en effet dans plusieurs de ces plantes une transpiration sensible bien singulière. (Physiologie végétale de Senebier, tome 4, page 87.)

Les graines dépourvues de leurs enveloppes étrangères contiennent moins de silice que la tige feuillée qui leur sert de support.

Je ne prétends cependant point pouvoir tout expliquer. Il y a dans la disposition de la silice, dans les arbres, des effets dont je n'entrevois pas la cause. Le tronc des arbres, leur

écorce, leur aubier, leur bois bien formé ne contiennent souvent presque point de silice, tandis que leurs feuilles en sont chargées, surtout en automne; c'est par leur chute périodique qu'ils se dépouillent de cette terre. J'ai examiné cinq écorces d'arbres différents, celles du peuplier, du chêne jeune et vieux, du noisetier, du mûrier, du charme, et je n'ai trouvé une quantité notable de silice, que dans l'écorce du mûrier. Je n'en ai presque point trouvé dans le bois bien formé de tous ces arbres. Leurs feuilles en contenaient une quantité remarquable, et quatre ou cinq fois plus que le bois ou l'écorce.

§. VIII.

Des oxydes métalliques dans les cendres.

La proportion des oxydes de fer et de manganèse augmente dans les cendres, à mesure que la végétation avance. Les feuilles des arbres fournissent des cendres plus chargées de ces principes en automne qu'au printemps. Il en est de même des plantes annuelles. Les semences contiennent les métaux en moins grande proportion que la tige qui leur sert de support. Lorsqu'on lave une plante avec

de l'eau, la proportion de ses oxydes métalliques se trouve augmentée par cette opération. Les terreaux les plus purs se trouvent toujours très-abondamment chargés d'oxydes métalliques, et beaucoup plus que les plantes qui les ont formés.

§. IX.

Influence de l'atmosphère sur les cendres des végétaux.

On peut reconnaître si l'atmosphère introduit des terres et des sels dans les végétaux, en faisant développer des graines à l'aide de l'eau distillée, et en voyant si le poids des cendres des plantes développées de cette manière excède le poids des cendres qu'une expérience préliminaire indique dans la semence.

Quarante-une graines de féves (vicia faba), dites de marais, et pesant, réunies, 79,135 grammes (2 $\frac{1}{2}$ onces + 51 grains), ont eté placées sur les goulots évasés de quarante-une fioles remplies chacune par 594 centimètres cubes (30 pouces cubes) d'eau distillée; je les ai exposées à l'air libre, au soleil, sur la tablette extérieure d'une fenêtre, où elles se trouvaient à l'abri de la pluie. Ces plantes sont parvenues à un pied de haut et même plus;

leurs tiges étaient faibles, et ne pouvaient pas se soutenir sans plusieurs liens. Elles ont fleuri, mais ces fleurs étaient petites, imparfaites et presque méconnaissables. J'ai mis fin à l'épreuve au bout de deux mois et demi, pendant ou immédiatement après la floraison, parce qu'à cette époque les plantes avaient acquis leur plus grand développement, et que leur végétation devenait languissante. Les feuilles et les extrémités des tiges succombaient par leur propre poids (6). Elles ont absorbé 1,7835 décalitres (900 pouces cubes) d'eau distillée. Les fioles contenaient après l'expérience 3,963 litres (200 pouces cubes) d'eau chargée de conferves : le liquide évaporé a laissé un résidu sec pesant 5,8 décigrammes (11 grains), qui ont produit par leur combustion, 1 $\frac{1}{2}$ grain de cendres. Celles-ci

(6) J'aurais pu obtenir une végétation beaucoup plus vigoureuse, et qui n'aurait pas différé de la végétation en pleine terre, du moins jusqu'à l'époque de la fructification, si j'eusse semé ces graines dans des pots pleins de sable ou de gravier pur; mais j'ignore si les sucs des racines n'attaquent pas les pierres elles-mêmes. L'érosion que les lichens semblent faire quelquefois aux rochers, en est un indice. D'ailleurs, la prodigieuse quantité d'insectes qui laissent en rase campagne leurs dépouilles sur les feuilles, les débris de tous genres que les vents y transportent, jettent de l'incertitude sur les résultats de l'expérience.

m'ont paru composées de trois parties de chaux, d'une partie de silice, et d'une quantité impondérable de sels alcalins.

Poids des graines de féve avant l'expérience......	79,135 gramm.	($2\frac{1}{2}$ onces + 51 gr.)
Poids approximatif des plantes vertes qui sont provenues des graines précédentes.............	611.	(20 onces.)
Poids des mêmes plantes sèches...............	84,337.	($2\frac{3}{4}$ onc. + 5 gr.)
Poids des cendres des graines de féve avant leur développement.........	2,601.	(49 gr.)
Poids des cendres des plantes, qui en sont provenues.................	3,025.	(58 gr.)
Différence, ou poids des cendres déposées par l'atmosphère...........	424 milligramm.	(9 gr.)

	Les 49 grains des cendres des graines contenaient, avant l'expérience,	*Les 58 grains de cend. de plantes de féve développées par l'eau distillée, contenaient,*	*58 gr. de cendres de plantes de féve en fleur, crûes en terre végétale, contenaient,*
Potasse........	10, 9	13	33,2
Phosphate de potasse.......	21, 5	19,25	0
Muriates et sulfates alcalins..	1, 4	2, 5	7
Phosphates terreux.........	13,68	17,5	8,7
Carbonates terreux.........	0	0	3
Silice..........	0	quant. impond.	1,2
Oxydes métall..	0,25	0,25	0,25

On voit, par ce qui précède, que les plantes ont acquis 424 milligrammes ou neuf grains de cendres, et que la composition de celles que renferme toute la plante développée par l'eau distillée, diffère très-peu des produits de la semence.

L'atmosphère a, je crois, déposé dans ces plantes tous les principes ordinaires des cendres, mais principalement de la chaux : cette terre a décomposé une partie du phosphate de potasse, et a formé du phosphate de chaux. Il s'est évaporé, pendant la végétation, une petite quantité d'alcali. La différence entre les cendres des plantes de féve développées par l'eau distillée, et les cendres qui proviennent de la végétation dans le terreau, nous montre combien est grande l'influence du sol sur leur composition.

Je ne crois pas qu'on puisse conclure de la petite addition que nous venons d'observer dans les plantes crûes en eau distillée, qu'elles aient elles-mêmes formé avec des gaz et de l'eau, ces principes additionnels. Si l'on considère avec quelle promptitude un corps quelconque exposé à l'air libre se recouvre de poussière, par l'immense quantité de corpuscules qui flottent dans notre atmosphère ; si l'on remarque que les quarante et une plantes

de séve, ont offert pendant près de deux mois à ces corpuscules un arrêt de plus d'un pied carré de surface, on doit être moins surpris que cette addition existe que si elle n'existait pas : sa quantité n'offre rien ici de surnaturel. Observons de plus que l'eau distillée elle-même n'est jamais pure ; elle contient des principes étrangers (7) dont nous ne pouvons estimer le poids, parce qu'ils s'échappent avec elle dans l'évaporation.

§. X.

Détails sur les procédés employés pour l'incinération.

Les plantes annuelles ont été récoltées entières avec les feuilles mortes qu'elles pouvaient avoir ; je n'ai retranché que les racines

(7) MM. Karsten et Westrumb ont remarqué que l'eau distillée avec le plus grand soin, et qui, lorsqu'elle est récemment préparée, n'est nullement modifiée pas les réactifs, subit, après avoir été exposée pendant quinze jours à la lumière, ou pendant quatre semaines à l'obscurité, des modifications qui ont tous les caractères des produits de la fermentation : elle trouble alors un peu les dissolutions de plomb et d'argent ; elle donne de légers indices d'ammoniaque, et, à d'autres époques, ceux d'un acide. (*Kleine Physichalisch chemische abhandlungen von Westrumb. Zeveytes heft.*)

toujours imprégnées de terre. Les parties inférieures de la tige ont été soigneusement dépouillées des éclaboussures du sol. Lorsque j'ai recueilli des plantes annuelles avec leurs graines en maturité, j'ai fait cette récolte au moment précis de cette maturité, et non pas après la mort de la plante. Les feuilles des arbres, même celles de l'automne, ont toujours été choisies vertes et dans un état parfaitement sain. On a eu soin cependant, dans cette saison, de ne pas prendre celles des dernières pousses, mais les plus anciennes.

Tous ces végétaux ont été mis à l'abri de la pluie, immédiatement après avoir été cueillis. Lorsqu'ils ont paru secs, ils ont été placés, pendant quelques semaines, dans une étuve échauffée au 20.e degré du therm. de Réaumur : leurs parties vertes ou molles y sont devenues pour la plupart friables et cassantes ; c'est alors qu'ils ont été pesés dans l'état sec. Toutes les plantes cependant n'ont pas été amenées, malgré cette précaution, à un degré de desséchement uniforme : celui dont elles sont susceptibles à une même température, varie non-seulement suivant leur espèce, mais encore dans la même plante suivant l'époque de sa végétation. Il m'a paru, en général, que les plantes vertes, cueillies

dans leur jeunesse, étaient susceptibles d'un desséchement plus parfait que celles qu'on récolte dans un âge plus avancé. Ces dernières conservent souvent à la température indiquée plus haut, une demi flexibilité qui est un indice certain de l'enterposition de l'eau dans des substances qui, telles que celles dont je m'occupe, acquièrent de la roideur ou de la fragilité à une température plus élévée. L'impossibilité d'estimer cette quantité d'eau fluide et étrangère à la composition essentielle de la plante, doit mettre toujours un peu d'incertitude dans les produits de l'analyse végétale.

Les plantes séchées suivant ce procédé, ont été enflammées sur une grande plaque de fer : le résidu de cette opération a été inciné de nouveau dans un creuset, chauffé au rouge obscur, jusqu'à ce que toutes les parties de charbon ne fussent plus susceptibles de combustion. Il est des substances végétales que je n'ai pas pu parvenir à incinérer complètement ou à réduire en cendres grises ou blanches : telle est la paille de froment et sa graine ; mais le sucre, l'amidon, la gomme, les plantes de maïs et leurs graines, de même que celles de féve, d'orge, d'avoine, ont pu être réduites en cendres blanches.

Plus on met de temps dans l'opération, plus la chaleur du fourneau est douce, plus aussi l'incinération est parfaite. On doit se garder, surtout dans la combustion toujours très-difficile des semences, de remuer souvent les cendres. Cette action en pilant les sels et le charbon, en le condensant, pendant qu'il est un peu fluide, empêche sa combustion, et la rend quelquefois impossible. Les produits de mes incinérations sont, en général, moindres que ceux des auteurs qui m'ont précédé. Mais la plupart d'entr'eux, n'ayant eu en vue que l'extraction des sels en grand, n'ont pas achevé, dans un creuset, l'incinératiou du résidu de la première combustion à l'air libre.

Les végétaux, suivant M. Pertuis, fournissent plus de cendres lorsqu'ils sont brûlés verts que lorsqu'ils sont brûlés secs. Mais il annonce probablement ce résultat, pour qu'on ne les expose pas, après la récolte, à l'action de l'eau; car ils m'ont fourni, verts ou secs, les mêmes quantités de cendres.

Tous les produits de mes incinérations ont été pesés chauds en sortant du creuset, et analysés de même.

§. XI.

Détails sur les procédés employés pour l'analyse des cendres.

Le but que je me suis proposé, est de reconnaître l'ordre de la composition des cendres non-seulement dans les différentes plantes, mais encore dans leurs différentes parties, et suivant l'époque de leur végétation. Ma vie n'aurait pas suffi à ce travail, si je me fusse assujetti à des analyses très-détaillées. Les procédés que je me suis prescrits, m'ont paru suffisamment exacts pour les recherches générales que j'avais en vue : ils consistent dans les opérations suivantes.

A. Les cendres séchées au rouge et pulvérisées lorsqu'elles étaient agglutinées, ont été soumises à l'ébullition avec vingt mille fois leur poids d'eau distillée. La lessive filtrée a été évaporée, à siccité, jusqu'à une chaleur rouge. Le poids de son résidu m'a indiqué celui des sels solubles dans l'eau, que la cendre contenait; c'est ce résultat qui a été inscrit dans la première colonne de la table, lorsqu'une nouvelle dissolution de ce résidu, dans une petite quantité d'eau, n'a rien laissé

d'insoluble; mais, dans le cas contraire, elle a été filtrée et évaporée de nouveau, jusqu'à ce que les sels pussent former une solution complète. La partie devenue insoluble par l'évaporation, est du carbonate de chaux dans les cendres qui, telles que les écorces, contiennent beaucoup de cette terre. Il est formé par un phosphate potassé de chaux ou de magnésie, dans les cendres des graminées et des semences qui ne contiennent point de chaux libre ou carbonatée; mais en revanche beaucoup de phosphate terreux et de potasse. La silice ne s'y trouve jamais qu'en quantité insignifiante; du moins lorsqu'on n'emploie, comme j'ai toujours cherché à le faire, que le plus bas degré de feu possible, pour produire l'incinération. Mes produits en sels alcalins sont, en général, très-supérieurs à ceux que les auteurs qui m'ont précédé ont obtenus des mêmes plantes. Je ne puis attribuer cette différence qu'à la plus grande perfection de mes incinérations, et au soin que j'ai mis au desséchement, à la récolte de mes plantes. L'eau n'enlève point aux cendres, à beaucoup près, tous leurs sels alcalins; mais la quantité qu'on en obtient est toujours, à très-peu près, proportionnelle à celle qu'elles contiennent, s'il n'y a pas de phosphate de potasse.

Lorsque ce sel s'est rencontré dans les cendres, j'en ai fait presque toujours une analyse plus précise, dont je parlerai dans la suite.

B. Les cendres lavées et insolubles par l'eau ont été soumises à l'ébullition, dans une capsule de porcelaine avec sept ou huit fois leur poids d'acide nitrique rectifié. Le résidu a été traité, à une chaleur rouge, avec six fois son poids de soude effleurie dans un creuset de platine. Le verre a été dissous dans l'eau, et mêlé ensuite avec de l'acide. La dissolution a été évaporée à siccité : le résidu a été mis en digestion avec de l'acide et filtré. Le résultat insoluble de cette opération est celui qui, après avoir été séché au rouge, est inscrit sous le nom de silice.

C. La dissolution nitrique des cendres a été précipitée par le prussiate de potasse et filtrée ; elle a été rapprochée ensuite par l'évaporation, et étendue avec une petite quantité d'eau et d'acide. On l'a précipitée une seconde fois par du prussiate de potasse. La séparation des précipités a été faite par un filtre double, et la différence entre le produit de l'incinération de chaque filtre simple, a indiqué la quantité d'oxyde métallique, contenue dans les cendres, déduction faite du poids de l'oxyde

métallique qui entrait dans le prussiate de potasse.

D. La dissolution nitrique, séparée des oxydes métalliques et rapprochée par l'évaporation, a été précipitée par l'ammoniaque. Le précipité desséché au rouge a indiqué, à très-peu près, en en retranchant l'alumine, le poids des phosphates terreux. On doit entendre sous ce nom, ceux de chaux et de magnésie.

E. J'ai fait dissoudre ces phosphates dans de l'acide nitrique : ils ont été précipités par de la potasse en excès : le mélange a été soumis à l'ébullition : la liqueur filtrée a été saturée par un acide, et précipitée par de l'ammoniaque qui a fait paraître l'alumine ; cette terre a été rectifiée par une nouvelle dissolution et précipitation. Après avoir été séchée au rouge et pulvérisée, elle a été mise en digestion sur du vinaigre, pour lui enlever les terres qui lui étaient unies. Mais sa quantité est infiniment petite et souvent nulle, et sur plus de quarante cendres où je l'ai recherchée, je n'ai pas trouvé qu'elle excédât un centième de leur poids. J'avais cru en reconnaître une grande quantité dans les analyses que j'ai publiées il y a quelques années dans le journal de physique, sur l'incinération de quelques plantes

crûes sur différents sols. Mais j'ai reconnu depuis que mon erreur tenait à l'impureté des cendres et à la solubilité des phosphates terreux dans la potasse. Les mêmes plantes ont été brûlées de nouveau et analysées avec plus de soin.

F. La dissolution nitrique D, séparée des oxydes métalliques et des phosphates terreux, a été précipitée par le carbonate de soude crystallisé : le mélange a été soumis à une longue ébullition : il a été filtré après son réfroidissement. Cette opération sépare les carbonates terreux, c'est-à-dire, ceux de chaux et de magnésie ; j'indique cette dernière terre pour ne rien omettre ; car il m'a paru que la magnésie pure ou carbonatée n'entrait jamais dans les cendres qu'en quantité insignifiante. Il n'en est pas de même du phosphate de magnésie, dont la découverte dans les cendres appartient aux CC. Fourcroy et Vauquelin.

G. La colonne inscrite dans la table, sous le titre *déficit*, indique la différence qui s'est trouvée entre l'addition des éléments séparés, et la quantité mise en expérience. Cette différence est énorme, et doit au premier aperçu jeter de la défaveur sur les résultats ; mais je me suis assuré que ce déficit ne doit point être

réparti entre tous les produits de l'analyse : il ne porte que sur les sels alcalins solubles dans l'eau, qui ont formé, pendant l'incinération avec les terres et les phosphates terreux, une combinaison que la décoction dans l'eau n'a pas pu détruire entièrement. On doit donc ajouter aux sels inscrits, ce décifit, en en retranchant quatre ou cinq centièmes pour la perte inévitable dans les manipulations, si l'on veut avoir, à très-peu près, la somme absolue des sels alcalins que la cendre contient. J'ai trouvé constamment ces sels perdus, lorsqu'après avoir traité par l'acide nitrique la cendre lavée par l'eau, et après avoir précipité la dissolution acide, par l'ammoniaque et par le carbonate d'ammoniaque, j'ai soumis la liqueur filtrée à une évaporation poussée jusqu'à la plus grande chaleur, dans un creuset de platine. Cette évaporation exige depuis l'instant où les sels commencent à se figer, un feu très-gradué et environ sept ou huit heures pour qu'ils ne se perdent pas par les explosions du bouillonnement : si le feu n'a pas été assez violent, ils conservent un peu d'acide nitreux, mais on est sûr de s'en débarrasser en y ajoutant, pendant qu'ils sont en fusion, un peu de poussière de charbon.

J'ai suivi ces procédés dans les analyses ins-

crites comme plus précises, je n'ai même point toujours alors traité les cendres par l'eau bouillante, mais je les ai fait dissoudre avec leurs sels dans de l'acide nitrique; le dernier procédé est plus bref et beaucoup plus exact : car lorsque les lessives contiennent du phosphate potassé de chaux, la filtration ou même une décantation exacte, est presque impossible à cause de la viscosité (8) de la liqueur; elle tient en dissolution une grande quantité de chaux ou plutôt de phosphate de chaux, dont on ne peut estimer la quantité qu'en faisant dissoudre les sels dans un acide, et en les précipitant par l'ammoniaque. Je donnerai ici les procédés que j'ai suivis par l'analyse des sels chargés d'une quantité notable de phosphate de potasse, et dépouillés des phosphates terreux. Il est superflu de rechercher le premier dans les cendres qui contiennent plus qu'un

---

(8) La viscosité de la lessive des cendres et sa réduction en gélée par l'évaporation, est un indice presque certain de la présence du phosphate potassé de chaux ou de magnésie; cependant ce sel peut exister sans ce caractère, lorsqu'il y a un grand excès de potasse. Le phosphate de potasse n'est point visqueux ou gélatineux par lui-même, quelles que soient les proportions de ses éléments; il n'a cette propriété que lorsqu'il contient de la chaux ou de la magnésie, sans excès de potasse.

ou deux centièmes de chaux pure ou carbonatée. Le phosphate de potasse existe bien dans les cendres qui contiennent une plus grande proportion de cette terre ; mais il y est alors en si petite quantité, qu'elle peut être négligée.

a. Je mêle les sels avec du vinaigre, et j'évapore presqu'à siccité. Le résidu est mêlé avec de l'alcohol qui, en dissolvant l'acétate, se charge de la plus grande partie de la potasse en excès, contenue dans les cendres : ce résultat est mis à part (9).

b. Les sels insolubles par l'alcohol, qui sont le phosphate de potasse, les muriates, les sulfates et un peu de potasse libre, sont dissous dans l'eau et mêlés avec de l'acétate de chaux en excès : ce dernier décompose le phosphate de potasse : le mélange est soumis à une forte ébullition, et évaporé presqu'à siccité. On étend de beaucoup d'eau le magma, on le sépare par le filtre et on le dessèche à une forte cha-

(9) Il serait peut-être plus exact de supprimer cette première opération (a), qui ne sépare, par le vinaigre et par l'alcohol, qu'une partie de la potasse en excès, et qui emporte un peu de phosphate de potasse. Je n'ai employé ce procédé que parce qu'il rend le reste de l'analyse moins embarrassant, et qu'il épargue beaucoup d'acide acétique et d'acétate de chaux.

leur (10). Il est mêlé avec du vinaigre (c), jusqu'à ce que cet acide ne lui enlève plus rien. Le résidu insoluble de cette opération est le phosphate de chaux pur, résultant de la décomposition du phosphate de potasse : le phosphate de chaux pur, augmenté dans le rapport de 100 à 129, donne le poids du phosphate alcalin (d), contenu dans les cendres sans excès de potasse.

Toutes les dissolutions acéteuses (a) et (ɔ), y compris celles du lavage, sont réunies, évaporées au rouge et filtrées : elles sont évaporées au rouge de nouveau. Ce résidu (e) est pesé : il contient toute la potasse contenue dans les cendres, y compris celle qui entre dans la composition du phosphate de potasse, et de plus les muriates et les sulfates alcalins. On dissout tous ces sels dans l'acide nitrique plutôt que dans l'eau, parce que la potasse contient un peu d'acide carbonique, dont on estime la quantité par le poids que perd le mélange. Cette dissolution nitrique est précipitée successivement par le nitrate de baryte et par le nitrate d'argent : le poids de chacun de ces précipités donne, par des évaluations

---

(10) Le vinaigre dissout un peu le phosphate de chaux, lorsqu'il n'a pas été séché après sa précipitation.

connues, les muriates et les sulfates alcalins; on retranche la somme de ces derniers de la pesée (e), ou de celle qui contenait la potasse, les muriates et les sulfates. La différence donne le poids de toute la potasse contenue dans le phosphate de potasse, et de celle qui était en excès. Or l'on connait le poids de la potasse qui doit entrer dans la composition du phosphate de potasse déjà donné en (d). Cent parties de ce sel contiennent 65 parties de potasse. On attribue donc à ce sel la potasse qui lui appartient : le reste est la potasse en excès contenue dans les cendres.

NOTE

Sur la combinaison du phosphate de potasse avec la chaux.

J'ai formé du phosphate de potasse, en unissant peu-à-peu par la voie humide de l'acide phosphorique à la potasse, jusqu'à ce que le mélange fût neutralisé, et ne fît subir aucune modification aux couleurs végétales employées comme réactifs. J'ai desséché cette combinaison à une chaleur rouge et je l'ai pesée : elle

a été dissoute dans l'eau et décomposée par du muriate calcaire. Le mélange a été évaporé à siccité, et après avoir été dissous dans l'eau, il a été filtré. J'ai déduit des principes reconnus par Klaproth, pour le phosphate de chaux, que 100 parties de phosphate de potasse sec contiennent au degré de saturation indiqué plus haut :

Potasse	65
Acide phosphorique	35

C'est d'un phosphate de potasse ainsi constitué, dont il est question dans les analyses des cendres ; il est tel que 129 parties de ce sel ne peuvent servir à former que 100 parties de phosphate de chaux.

Les solutions aqueuses du phosphate de potasse ne sont point, comme on l'a dit, visqueuses et gélatineuses ; elles passent librement, même concentrées, par les filtres les plus serrés.

Si l'on mêle à cette solution 20 ou 30 fois son volume d'eau de chaux, le mélange qui forme un phosphate potassé de chaux soluble conserve toute sa transparence ; il ne subit en apparence d'autre modification, que celle d'acquérir de la viscosité, et de ne passer qu'avec une lenteur extrême par les filtres or-

dinaires. Lorsqu'on y ajoute une quantité ultérieure d'eau de chaux, un précipité commence à se former. Ce n'est point du phosphate de chaux, c'est un phosphate potassé de chaux devenu insoluble à l'eau, par un excès de terre, lorsqu'on le dissout dans l'acide nitrique, on n'en retire que le quart ou la moitié de son poids de phosphate de chaux. Les mêmes effets ont lieu, à très-peu près, avec la magnésie. Les combinaisons de cette dernière m'ont paru seulement moins visqueuses.

On peut obtenir les mêmes résultats, mais avec des caractères moins tranchés, en substituant à l'eau de chaux une solution d'acétate calcaire. Les premières gouttes, si la solution est étendue, ne décomposent pas le phosphate de potasse, ou du moins le précipité formé se redissout en agitant la liqueur. Cette observation prouve que l'acétate calcaire trouvé si abondamment par Vauquelin dans les sèves de végétaux, peut y exister avec le phosphate de potasse. Ce dernier sel n'est décomposé entièrement par les sels calcaires quels qu'ils soient, qu'en évaporant le mélange à siccité : j'en dis autant de la magnésie.

La solution aqueuse du phosphate potassé de chaux, n'est troublée ni par la potasse, ni par la soude, ni par l'ammoniaque, ni par

l'acide phosphorique, mais elle est décomposée partiellement par tous les carbonates alcalins qui en précipitent du carbonate de chaux ; elle l'est encore par l'acide oxalique : enfin elle est décomposée en partie par la simple dessication à une chaleur rouge. On trouve dans ce résidu du phosphate de chaux, devenu insoluble dans l'eau par un excès de terre, et du phosphate potassé de chaux soluble dans l'eau, mais qui contient moins de chaux que dans la première dissolution. Cet effet a lieu plus ou moins dans toutes les lessives des cendres qu'on évapore à siccité et qu'on redissout dans l'eau.

Action de la potasse sur le phosphate de chaux. MM. Fourcroy et Vauquelin ont très-bien vu (Annales de Chimie, an XI) que lorsqu'on fait bouillir de la potasse liquide avec du phosphate de chaux, il se sépare une très-petite quantité de chaux. Mais cette décomposition opposée à l'ancien ordre des affinités, et dont Berthollet a fourni de si nombreux exemples sur d'autres combinaisons analogues, n'est pas le seul résultat qui se fasse remarquer dans cette épreuve. J'ai observé qu'une très-grande partie du phosphate de chaux entre en entier en dissolution dans la potasse, et qu'il se forme alors une potasse phosphatée de chaux. J'ai

fait bouillir, pendant une heure, 300 parties de potasse (dissoute environ par deux fois son poids d'eau) avec du phosphate de chaux en pâte, et récemment précipité par l'ammoniaque. Le phosphate desséché au rouge, pesait 25 parties avant l'expérience. La décoction a été filtrée. Le résidu indissous par la potasse ne pesait plus que 9 parties : elles ont été dissoutes dans l'acide nitrique, et précipitées par l'ammoniaque. Le précipité séché au rouge n'a pesé que 6 parties. La dissolution filtrée a été mêlée avec du carbonate de soude ou d'ammoniaque : ce sel en a séparé $\frac{1}{2}$ partie de carbonate de chaux. La potasse a donc dissous, dans cette expérience, les trois quarts du phosphate de chaux, et n'en a réellement décomposé que la cinquantième partie.

J'ai obtenu, à très-peu près, les mêmes résultats, en traitant, à un feu de fusion dans un creuset de platine, le phosphate de chaux sec avec la potasse sèche. Le phosphate pesait 20 parties, et la potasse 80. La fritte opaque qui est résultée de ce mélange, a été dissoute dans l'eau et filtrée : le résidu indissous dans ce fluide a pesé 12 parties. Elles ont été dissoutes dans l'acide nitrique, et précipitées par l'ammoniaque ; celui-ci n'en a sé-

paré que 6 $\frac{1}{2}$ parties de phosphate de chaux. La dissolution filtrée a été précipitée par le carbonate de soude, qui en a séparé 2 $\frac{1}{2}$ parties de carbonate de chaux.

Les combinaisons de la potasse en excès avec le phosphate de chaux, obtenues par les procédés dont je viens de parler, diffèrent par quelques propriétés de la combinaison qu'on obtient en mêlant de l'eau de chaux avec du phosphate de potasse.

Ces propriétés prouvent que la potasse en excès n'est point hors d'œuvre, et qu'elle agit sur la chaux par une affinité très-puissante. J'ai dit que la solution aqueuse du phosphate potassé de chaux, était décomposée par les oxalates. Mais la potasse phosphatée de chaux, n'est point troublée par ces réactifs, ils n'y décèlent la chaux que lorsqu'on a saturé très-précisément avec un acide, la potasse qui paraît en excès. Il s'en faut beaucoup que l'acide oxalique précipite, même dans cette circonstance, toute la chaux; il se forme probablement ici une combinaison quadruple.

Le phosphate potassé de chaux liquide, ou le mélange de l'eau de chaux avec le phosphate de potasse, est décomposé en partie par la dessication; mais la potasse phosphatée de chaux liquide, n'est pas sensiblement modi-

fiée par cette opération. Le phosphate potassé de chaux, forme avec l'eau une dissolution visqueuse ou gélatineuse, qui passe difficilement par le filtre. La potasse phosphatée de chaux, y passe très-librement, et ne forme point de gélée par le rapprochement.

FIN.

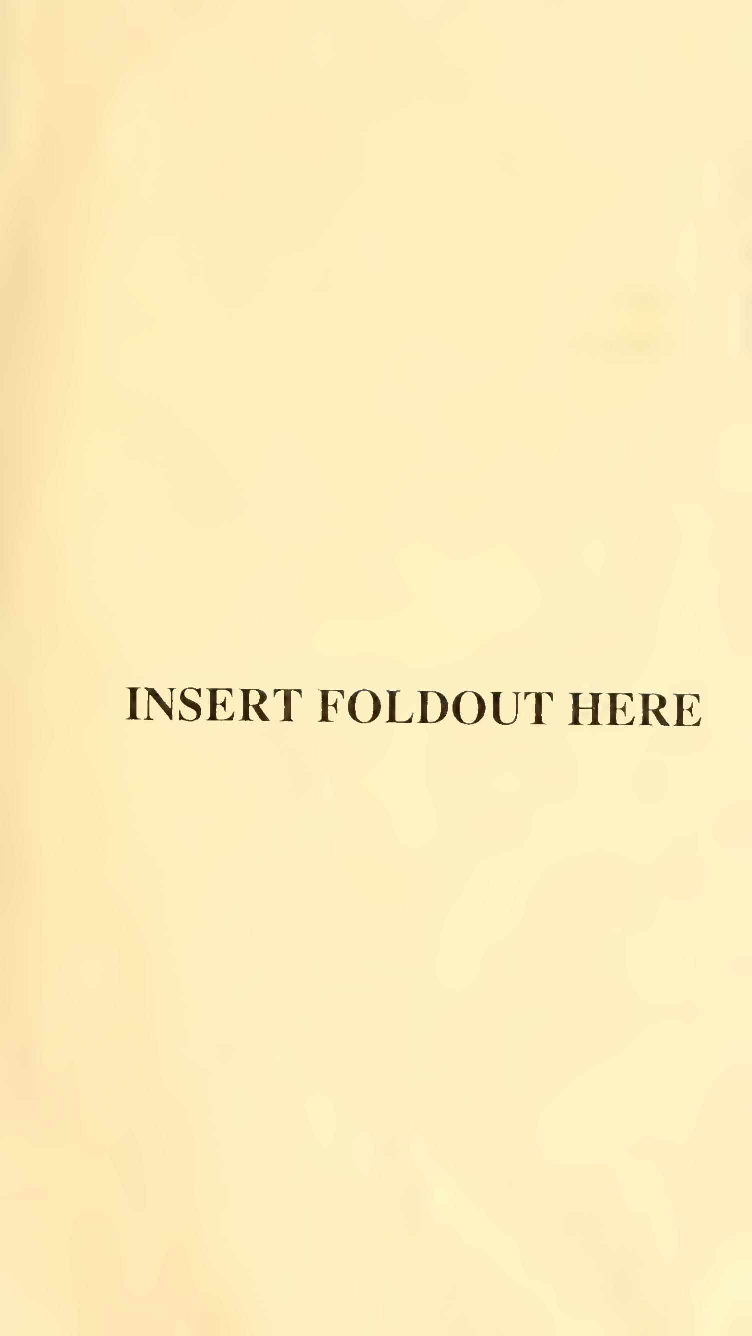
ERRATA.

Page 40 et en plusieurs endroits : endiomètre, *lisez* : eudiomètre.

Pag. 79, ligne 23 : de gaz acide, de carbonique ou gaz oxygène, *lisez* : de gaz acide carbonique ou de gaz oxygène.

Page 121, ligne 4 : section, *lisez* succion.

Page 242, ligne 28 : puissent, *lisez* peuvent.


INSERT FOLDOUT HERE

TABLE

DES CHAPITRES.

DE L'IMPRIMERIE DE DIDOT JEUNE.